Anatomische und farbstoffanalytische Untersuchungen an panaschierten Pflanzen.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

GENEHMIGT

VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN.

ACAD. LANDWIRTH. BIBL.

VON

GOTTFRIED KRÄNZLIN

AUS LICHTERFELDE b. BERLIN.

Tag der Promotion: 29. Februar 1908.

109

Referenten:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **S. Schwendener.**
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Engler.**

Druck und Verlag: O. Dornblüth.
Bernburg.

Anatomische und farbstoffanalytische Untersuchungen an panaschierten Pflanzen.

Die mit den Namen Albicatio, Variegatio, Marginatio, Chlorosis und Panaschierung bezeichneten pathologischen Gelb- oder Weifsfärbungen ganzer Blätter oder einzelner Blattteile haben das Interesse der Gärtner und Botaniker seit langer Zeit auf sich gelenkt. Der Gärtner, weil buntblättrige Varietäten neue gangbare Handelsartikel waren, der Botaniker, insofern erstens die Erscheinung selbst zu Untersuchung ihrer Ursachen und Wirkungen anregte, zweitens weil das Studium der Functionen gelber Blätter einigen Aufschlufs über die specifische Wirkungsweise der einzelnen Blattfarbstoffe zu geben versprach.

Durch vegetative Vermehrung spontan an einer Pflanze aufgetretener buntblättriger Zweige ist denn auch im Lauf der Jahrzehnte in den Baumschulen eine grofse Anzahl bunter Garten-Varietäten gezüchtet worden. Im Katalog der Späth'schen Baumschulen für 1906/07 finden sich allein unter den winterharten Laubhölzern über 60 Spezies aufgeführt, die gelb- resp. weifsbunte Blätter besitzen. Da bei vielen dieser Arten mehr als eine Form von Panaschierung vorkommt, so ist die wirkliche Zahl bunter Varietäten erheblich höher.

Auf die gärtnerische Literatur brauche ich nicht näher einzugehen, da die in ihr enthaltenen Angaben vorwiegend das Neuerscheinen irgend einer Panaschierung registrieren. Auch auf eine umfassende Übersicht über die einschlägige wissenschaftliche Literatur bis zum Jahre 1900 kann ich verzichten, da eine solche in den Arbeiten von Timpe[1]) und Pantanelli[2]) bereits vorliegt. In der ge-

[1]) H. Timpe. Beiträge zur Kenntnis d. Panaschierung. Inaug. Diss. Göttingen. 1900.

[2]) E. Pantanelli. Studii su l'albinismo nel regno vegetale. Malpighia. Bd. XV—XIX. 1902—1905.

nannten Arbeit hat Timpe seine Befunde über den anatomischen Bau, die Verteilung von Gerbstoffen, reduzierendem Zucker, Nitraten, Nitriten und die Fähigkeit der Chromatophoren gelber und weifser Teile aus dargebotenem Zucker Stärke zu bilden, eingehend beschrieben. Der Verfasser geht dabei von der Voraussetzung aus, dafs man es bei allen Panaschierungen mit einer- und derselben Erscheinung zu tun habe. Erst im Laufe seiner Untersuchungen steigen ihm Zweifel an der Einheitlichkeit aller Erkrankungen dieser Art auf; nennt er doch z. B. den Umstand, dafs Abutilon Thompsoni (hort.) im Mesophyll der weifsen Bezirke stellenweise mehr Stärke bilde als die entsprechenden Gewebe grüner Teile „ein Verhalten, das ebenfalls[1]) dafür spricht, dafs dieses Objekt den gewöhnlichen Panaschierungen nicht zuzuzählen“ sei. Demgegenüber bedeuten die Untersuchungen Pantanellis,[2]) über die er selbst ein eingehendes deutsches Referat veröffentlicht hat,[3]) entschieden einen Fortschritt. Sein Verdienst ist es, darauf hingewiesen zu haben, dafs man durchaus nicht alle Panaschierungen auf gleiche Stufe stellen dürfe, sondern dafs man mindestens graduelle Unterschiede zwischen intensiv (weifs) und weniger intensiv (gelb-grünlichgelb) panaschierten Blättern machen müsse.

Eine systematische Bearbeitung der Panaschierungs-Frage wurde dann von E. Baur im Jahre 1904 angefangen. Ausgehend von der Tatsache, dafs die Panaschierung bei Abutilon Thompsoni, wie schon längst bekannt war, sich bei Pfropfungen kranker Reiser auf gesunde Unterlagen auf letztere übertragen lasse, wurden mehrere Pflanzen aus anderen Familien auf die Übertragbarkeit ihrer Panaschierungen durch Transplantation und andre Mittel, untersucht. Die Resultate sind in den Arbeiten 1) Über die infectiöse Chlorose der Malvaceen.[4]) 2) Weitere Mitteilungen über die infectiöse Chlorose der Malvaceen und über einige analoge Erscheinungen bei Ligustrum und Laburnum.[5]) 3) Über infectiöse Chlorosen bei Ligustrum, Laburnum, Fraxinus, Sorbus und Ptelea,[6])

---

[1]) Von mir gesperrt.

[2]) cf. p. 1 Anm. 2.

[3]) In Sorauers Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten Bd. XV. 1905. 1. Heft.

[4]) Sitzgsber. d. kgl. preuss. Akad. d. Wiss. 1906.

[5]) Ber. d. deutsch. bot. Ges. Berlin 1906. Bd. XXIV. p. 416 ff.

[6]) Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XXV. Heft 7. 1907.

aufgezeichnet. Baur stellt zumal nach den Untersuchungen an Abutilon fest:

1) Man mufs unterscheiden zwischen
   a) infectiöser Chlorose, d. h. solcher, die sich durch Transplantation auf ein gesundes Individuum derselben Art (oder verwandter Arten, falls diese nicht immun sind) übertragen läfst,
   b) nicht infectiöser Chlorose, d. h. solcher, die man als spontan auftretende Mutation bezeichnen mufs;
2) Es läfst sich auf ein Individuum, das von nicht infectiöser Chlorose befallen ist, die infectiöse Chlorose übertragen, sodafs ein Individuum gleichzeitig mit beiderlei Panaschierungen behaftet ist.
3) Nicht infectiöse Chlorose ist, soweit die Versuche bis jetzt reichen, samenbeständig, infectiöse Chlorosis aber nicht.
4) Der übertragbare Krankheitserreger ist kein Lebewesen;
5) Man mufs vielmehr einen Giftstoff, „das Virus", als Träger annehmen, dessen Wirkungsweise man sich vorzustellen hat ähnlich der der Toxine im tierischen Körper.
6) Die infectiöse Chlorose ist heilbar, wenn es gelingt die Virusproduction zu hindern; die nicht infectiöse kann nicht jederzeit willkürlich aufgehoben werden.

Dafs manche Panaschierungen bisweilen durch Transplantation übertragen werden können, ist keine Entdeckung Baur's, vielmehr eine seit mehr als 200 Jahren bekannte Tatsache, die von Lemoine [1]) vielleicht zuerst praktisch verwertet und von Morren [2]) und Lindemuth [3]) von wissenschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet wurde. Neu ist aber der durch planmäfsige Kultur erbrachte Nachweis, dafs die infectiöse Panaschierung, wenn überhaupt, so nach Entfernung aller gelbfleckigen Blätter durch Kultivierung der erkrankten Pflanze im Dunkeln, heilbar sei. Hielt doch noch Bouché die Panaschierung für eine Erscheinung, die durch mangelhafte Ernährung und ungenügenden Lichtgenufs hervorgerufen und durch

[1]) cf. Baur. Über d. inf. Chl. d. Malvaceen. Sitzber. d. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1906. p. 2.

[2]) Morren: Contagion de la panachure. Bullet. de l'Acad. royale de Belgique. 2. sér. tom. 28. 1869. p. 434.

[3]) Lindemuth: Über vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtsch. Jahrbücher Bd. 7. 1878.

Beseitigung dieser ungünstigen Lebensbedingungen wieder aufgehoben werden könne; eine Ansicht, der übrigens schon Lindemuth[1]) mit genügender Schärfe entgegengetreten ist.

Auf der Heilbarkeit der Panaschierung, auf der Unmöglichkeit die Krankheit auf andere Weise als durch Transplantation (z. B. durch Injicieren von aus stark gelben Blättern gewonnenem Preſssaft) zu übertragen, auf dem Umstand endlich, daſs, wie Ringelungsversuche ergaben, der Krankheitserreger nur im stoffleitenden Gewebe wandert, begründet Baur seine Virus-Theorie.

Nachdem dieser Unterschied zwischen den Panaschierungen erwiesen war, lag der Gedanke sehr nahe, diese äuſserlich so ähnlichen, in ihrem Wesen so verschiedenen Buntblättrigkeiten näher zu untersuchen.

Alle früheren Autoren haben ausnahmslos, in der Meinung, Panaschierung sei Panaschierung, zu ihren Untersuchungen an bunten Blättern mehr oder minder wahllos von jeder Spezies irgend eine, ihnen gerade zu Gebote stehende Varietät herausgegriffen. Ein Blick in den Katalog einer Handelsgärtnerei oder Baumschule zeigt aber, daſs bei einer Spezies eine ganze Anzahl buntblättriger „Varietäten“ auftreten kann. Um ein beliebiges Beispiel anzuführen: Von Acer pseudoplatanus L. werden im Preisverzeichnis von Späth 1906/07 nicht weniger als 10 gut von einander unterscheidbare, gelb- oder weiſsbunte Varietäten aufgezählt. Nun ist erwiesen, daſs es mindestens eine ihrem Wesen nach von der Mehrzahl der Buntblättrigkeiten grundverschiedene gibt. Es bedarf aber zur Feststellung des infectiösen Charakters der Panaschierung äuſserst langwieriger Versuche. Häufig läſst sich erst im zweiten, selbst dritten Jahre nach der Transplantation entscheiden, ob eine Infizierung stattgefunden hat. Die Versuche über Samenbeständigkeit erfordern naturgemäſs häufig noch mehr Zeit. Es drängte sich daher die Frage auf:

Gibt es auſser der Ansteckungsfähigkeit und der Nicht-Samenbeständigkeit der infectiösen Chlorose andre Merkmale, durch die sie sich von den nicht infectiösen unterscheidet, und mit deren Hilfe man eine Panaschierung mit Sicherheit als infectiös oder nicht infectiös erkennen kann?

---

[1]) l. c. Landw. Jahrb. Bd. 7. 1878. p. 893.

In dieser Fragestellung sind alle Formen nicht infectiöser Panaschierungen als unter sich gleichwertig in Gegensatz zur infectiösen Chlorose gestellt. Apriori sind wir hierzu keineswegs berechtigt. Es könnten sehr wohl die nicht ansteckenden Panaschierungen ihrerseits in mehrere von einander verschiedene Formen oder Formenreihen zerfallen (etwa, wie Pantanelli annimmt, in weniger intensive und intensivere). Es folgt hieraus die weitere Frage:

Sind alle nicht infectiösen Chlorosen qualitativ gleichwertig, so dafs wir die durch lokale Verteilung der bunten Teile auf der Spreite, sowie durch Intensität der Färbung wohl zu unterscheidenden Formen als völlig gleichwertige Mutanten einer Stammform aufzufassen haben; oder haben wir es innerhalb der Gruppe der nicht infectiösen Chlorosen mit verschiedenen Panaschierungs-Arten zu tun?

Die erste Frage kann nur durch vergleichende Untersuchungen an solchen Arten beantwortet werden, für die das Auftreten einer infectiösen und einer nicht infectiösen Panaschierung erwiesen ist. Daraus erklärt sich die geringe Anzahl von Spezies, an denen ich meine Untersuchungen habe vornehmen können, von selbst. Ich habe zur Entscheidung der ersten Frage untersucht:

1) Pirus aucuparia fol. luteo-variegatis (inf.)[1]
   „ „ Dirkenii aurea (nicht inf.)
2) Ptelea trifoliata fol. variegatis (inf.)
   „ „ aurea (nicht inf.)
3) Ligustrum vulgare fol. aureo-variegatis (inf.)
   „ „ aureum (nicht inf.)
   „ „ glaucum fol. albo-marginatis (nicht inf.)
4) Abutilon spec.
   „ Thompsoni } (fol. aureo-var. inf.)
   „ Erfurter Glocke }
   „ Souvenir de Bonn (fol. albo-margin. nicht inf.)
5) Laburnum vulgare chrysophyllum (inf.)

Zur Entscheidung der zweiten Frage:

[1]) Die Varietäten-Bezeichnungen sind dem Katalog der Späth'schen Baumschule 1906/07 entnommen. Für Bezeichnung der Evonymus-Arten benutzte ich den Katalog von Haage & Schmid Erfurt, da die untersuchten Arten von dieser Gärtnerei bezogen waren.

6) Evonymus japonicus; in sieben, verschieden panaschierten Formen.

Nach Baur tritt auch bei Fraxinus eine infectiöse Panaschierung auf. Ich habe diese Form nicht untersuchen können, weil mir zu wenig Material zur Verfügung stand. Es ist dieser Ausfall indessen um so leichter zu ertragen, als höchst wahrscheinlich die infectiösen Chlorosen von Fraxinus und Ligustrum dieselben sind, sich wohl auch, da Ligustrum und Fraxinus Pfropfsymbiosen einzugehen vermögen, von einem kranken Auge von Ligustrum die Panaschierung auf Fraxinus wird übertragen lassen.[1])

Da die lokale Verteilung der bunten Partieen an den Blättern von „Varietäten“ [2]), die in Gärtnerkatalogen mit gleichen Bezeichnungen benannt sind, bei zwei Spezies fast nie völlig gleich ist, so halte ich mich bei der Beschreibung der untersuchten Formen an die auf Seite 5 gegebene Reihenfolge, ohne Rücksicht auf äufsere Ähnlichkeiten zu nehmen.

1. Pirus aucuparia.

Die nicht infizierende P. auc. Dirkenii aurea besitzt in der Jugend gleichmäfsig leuchtend goldgelbe Blätter von der Gröfse grüner, die mit zunehmendem Alter etwas ergrünen, aber doch nie auch nur annähernd die tiefgrüne Farbe normal grüner Blätter erreichen. Das Ergrünen tritt zumeist an Blättern ein, die nicht zu intensivem Sonnenlicht ausgesetzt sind. An sehr stark insolierten Blättern war häufig geringes Ausbleichen der Farbe wahrzunehmen.

Die infectiös panaschierte Pir. aucup. fol. luteo variegatis hat an schwach infizierten Blättern in der Jugend goldgelbe im Alter weifswerdende Zähne. Bei stärkerer Infizierung werden auch die die Zähne verbindenden Blattpartieen bis zu $1^1/_2$ mm Breite gelb. Auffallenderweise erleidet das Vorrücken der gelben Zone vom Rand her eine Hemmung. Die weiterhin gebildeten, stark infizierten Fiedern, haben nicht mehr geschlossene gelbe

[1]) cf. Baur, Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XXV. 1907. p. 412.

[2]) Ich gebrauche hier wie überall diesen geläufigen Ausdruck, obwohl ich mir bewufst bin, dafs infectiös chlorotische Pflanzen keine systematischen Einheiten vorstellen. Ich glaube das um so eher zu dürfen, als „Varietät“ in den Gärtnerkatalogen, aus denen diese Namen entnommen sind, Sammelbegriff ist, unter dem alle von der Stammform abweichenden Formen einbegriffen sind.

Zonen, sondern die nicht grünen Bezirke sind gleichmäfsig auf das ganze Blättchen verteilt. Ich habe an demselben Exemplar alle Stufen der Infizierung beobachtet. Die am wenigsten infizierten hatten kaum winzige gelbe Spitzen an den Zähnen, andere Blätter hatten gelbe Ränder und Zähne, noch andere zeigten im gelben Grunde der Spreite unzählige sehr kleine grüne Punkte und eine letzte Form endlich hatte zu jeder Seite des Hauptnerven eine 2 mm breite Zone von gelbem bis weifsem Gewebe. Während die gelben Zähne erst mit Beginn des herbstlichen Laubfalles zu verbleichen anfangen, werden die Bezirke um die Mittelrippe oft schon im Juli — August blafs und später braun; dennoch hält sich das Blättchen auch dann noch am Blatte. Zwischen diesen extremen Fällen kommen alle Übergänge vor; z. B. gelbe Blattmitte + gelbe Zähne; grüngesprenkelte Blattspreite + reingelber Rand u. s. w. Ein nachträgliches Ergrünen der gelben Teile tritt niemals ein; regelmäfsig dagegen im späteren Alter Ausbleichen.

2. Ptelea trifoliata.

Die „Varietät" Pt. trif. aurea hat goldgelbe, prächtig leuchtende Blätter von normaler Gröfse. Später ergrünen sie bedeutend und erreichen fast den Farbenton gesunder Blätter. Ausbleichen habe ich selbst an dem sehr sonnigen Standort in Herrn Dr. Baur's Versuchsgarten in Friedrichshagen bei Berlin nie beobachtet.

Die infectiöse Form, Pt. trif. fol. variegatis besitzt dunkelgrüne Blätter von normaler Gröfse und auf der Spreite der Fingerblättchen ziemlich grofse, sattgelbe Flecken in wechselnder Menge, die das Blatt nicht wellig verziehen, nicht zu ergrünen imstande sind, noch aber auch merklich ausbleichen.

3. Ligustrum vulgare.

Die nicht infectiöse, panaschierte „Varietät", Ligustr. vulg. aureum, die ebenso wie Ptelea trif. aurea eine typische Aurea-Form repräsentiert, ist samenbeständig. In früher Jugend sind die normalgrofsen Blätter gleichmäfsig bräunlich-goldgelb und werden erst in voller Entwicklung rein gelb. Ergrünen tritt wohl ein, doch nicht in dem Mafse wie bei Ptelea. Bei zu intensiver Belichtung kann dagegen ein Absterben der Blätter erfolgen, ohne dafs sie vorher ausgeblichen wären.

Die infectiös chlorotische Lig. vulg. fol. aureo-variegatis ist nicht samenbeständig. Sie zeigt auf den dunkelgrünen, sonst ganz normalen Blättern meist ziemlich grofse, dunkel-, im Alter hellgelbe Flecken, die, wenn sie gröfsere zusammenhängende Distrikte bilden, bisweilen in der Mitte ausbleichen und ein vorzeitiges Ende des Blattes herbeiführen. Ergrünen der Flecken tritt niemals ein.

Eine dritte Panaschierungs-Form, die bei Ligustrum auftritt, ist eine Weifsrand-Varietät, Lig. vulg. glaucum fol. albo-marginatis. Die Blätter sind indes durchaus nicht alle mit einem weifsen Rande umgeben. Vielmehr sind die meisten völlig grün und nur relativ wenige sind panaschiert. Eine Beziehung zwischen der Lage der Blätter und dem Auftreten der Panaschierung habe ich nicht bemerkt. Vielleicht war es Zufall, dafs an den beiden einzigen von mir beobachteten Sträuchern die weifsrandigen Blätter stets an den unteren Teilen der Äste safsen, ohne Unterschied, ob die Zweige vom Jahre vorher oder von demselben waren. Die Breite des Randes ist sehr gering und überschreitet nur selten $^1/_2$ mm. Auch ist ein Blatt in den seltensten Fällen ganz eingefafst. Meist ist nur ein kleines Stück weifs, das dann durch sein langsames Wachstum eine Verzerrung des ganzen Blattes zu einer sichelförmigen Gestalt bedingt. Auch diese Form ist, wie alle Weifsrandpanaschierungen samenbeständig.

4. Abutilon spec.

Für Abutilon läfst sich die vorher aufgestellte Forderung, dafs an einer Spezies infectiöse und nicht infectiöse Panaschierungen auftreten sollen, wohl erfüllen. Es gibt nämlich von den Varietäten Ab. Sawitzer und Ab. Souvenir de Bonn eine infectiöse gelbfleckige und eine nicht infectiöse, samenbeständige Weifsrandform. Trotzdem habe ich die Untersuchungen der infectiösen Panaschierung von Abutilon nicht an Ab. Sawitzer oder Ab. Souvenir de Bonn gemacht, weil mir erstens das Material der infectiös chlorotischen Pflanzen der genannten beiden Arten nicht in genügender Menge zur Verfügung stand, zweitens weil zwischen diesen Arten und den infectiös chlorotischen Ab. Thompsoni und Ab. Erfurter Glocke im anatomischen Bau der Blätter und in allen andern untersuchten Punkten eine so weitgehende Übereinstimmung herrschte, dafs ich ohne Weiteres die Erfahrungen, die ich an Ab. Erfurter Glocke und an

Ab. Thompsoni machte, auf die infectiösen Formen der Ab. Sawitzer und Ab. Souvenir de Bonn ausdehnen zu dürfen glaubte.

Die nicht infectiösen Panaschierungen bei Ab. Sawitzer und Ab. Souvenir de Bonn sind typische Weifsrandformen; d. h. die nicht grünen Teile sind von vornherein weifs und nicht erst durch Ausbleichen ursprünglich gelber Teile weifs geworden. Die weifsen Distrikte ziehen sich in wechselnder Breite, die bis zu $^1/_2$ des Blattradius betragen kann (ganz weifse Blätter, wie sie bei Pelargonium zonale, Glechoma spec. und anderen vorkommen, habe ich nur sehr selten an verkümmerten Winterblättern von Ab. Sawitzer beobachtet), um den ganzen Rand oder seltener nur um einen Teil desselben. Von der Oberseite sehen sie meist rein weifs aus, während sie auf der Unterseite einen grünlichen Schimmer haben. Auch die grünen, oft wellig verbogenen Teile der Blätter sind nicht ganz frei von den Wirkungen der Krankheit. Nur in wenigen Fällen, und auch da nur immer in kleinen Bezirken, sah ich glänzend grüne Flächen, von der Farbe gesunder Blätter. Der gröfste Teil der Spreiten hatte einen graugrünen, stellenweise weifslich-grünen Schimmer.

Die infectiöse Chlorose der Abutilon-Arten, die ich an Ab. Erfurter Glocke und an Ab. Thompsoni studiert habe, äufsert sich in einer von allen bisher besprochenen abweichenden Form. Bisher hatten alle Flecken, wo es sich um solche handelte, einen gleichmäfsig gelben Ton. Bei diesen beiden Abutilon-Arten treten ebenfalls Flecken auf; aber es sind unter ihnen alle Farbentöne vom dunkeln grüngelb bis zum hellsten weifsgelb vertreten. Je heller ein Stock steht, desto mehr helle Flecken treten auf. Besonders stark zeigen sich die Verschiedenheiten der Farben an Ab. Erfurter Glocke. Sie finden sich dort an Blättern aller Altersstufen, mit einziger Ausnahme sehr junger (etwa 3 qmm grofser), wo noch kaum eine Andeutung irgendwelcher Farbenunterschiede wahrzunehmen ist. Ein Ergrünen gelber Flecken tritt nie ein, wohl aber ein Ausbleichen goldgelber Flecken zu hellgelben und hellgelber zu weifsen. Die beste Abbildung, die ich kenne, und die auch die Farbenabstufungen zu voller Geltung bringt, ist die von Ab. Thompsoni in Morren's Arbeit: Contagion de la Panachure.[1])

[1]) Morren: Contagion de la Panachure. Bullet. de l'Acad. roy. Belg. 2. sér. t. 28. 1869. p. 434.

5. Laburnum vulgare.

Von Laburnum stand mir nur eine infectiös chlorotische Varietät, Lab. vulgare chrysophyllum zu Gebote. Nicht infectiöse Panaschierungen existieren meines Wissens nicht. Laburnum entspricht demnach den S. 5 gestellten Anforderungen nicht. Dennoch habe ich es auch in den Kreis meiner Untersuchungen einbezogen, weil es für die Farbstoff-analytischen Untersuchungen sehr gutes Material lieferte, und weil mir ein Vergleich dieser bis jetzt einzigen infectiösen Aurea-Varietät mit den andern nicht infectiösen erwünscht schien. Die Blätter dieser Art haben vollkommen die Gröfse gesunder grüner, und zeichnen sich nur durch die prächtig leuchtendgelbe Farbe aus, eine Farbe, die an Sattheit der der Blüten nichts nachgibt. In starkem Lichte ergrünen sie ziemlich stark, doch nicht in dem Mafse wie Ptelea; häufig kommt es indessen auch vor, dafs sie gar nicht dunkler werden und am Ende der Vegetationsperiode noch ebenso gelb sind wie zu Anfang, während alle benachbarten Blätter relativ lebhaft ergrünt sind.

6. Evonymus japonicus.

Für die Untersuchung der nicht infectiösen Panaschierungen wählte ich Evonymus jap., weil diese Spezies eine ganz aufserordentliche Mannigfaltigkeit in der Bildung buntblättriger Formen aufweist. Der nicht infectiöse Charakter ist zwar noch nicht für alle Arten mit Evidenz erwiesen, da aber Dr. Baur seit 3 Jahren mit Evonymus arbeitet, ohne zu einem unzweifelhaft sicheren Resultat gekommen zu sein, so werde ich die Panaschierungen als nicht infectiöse betrachten, zumal auch Versuche über die Samenbeständigkeit mangels blühender Sträucher bisher nicht angestellt werden konnten.

a) Ev. jap. fol. albo-marginatis. Die etwa 20—30 mm breiten Blätter haben einen 1—2 seltener 4 mm breiten rein weifsen Rand, der im Gegensatz zu Ligustrum hier um die ganze Spreite läuft. Von ihm ziehen sich mehr oder weniger helle, graue Streifen in den inneren grünen Teil der Spreite hinein. Normal dunkelgrün sind an diesen Blättern meist nur kleine Bezirke.

b) Ev. jap. aureo-maculatus. Bei dieser Form wird die Mitte des Blattes von einem geschlossenen dunkelgelben Fleck gebildet. Der Rand von ca 1 cm Breite ist normal dunkelgrün.

Mit zunehmendem Alter gewinnt der Rand an Dunkelheit der Farbe, während der gelbe Mittelteil allmählich etwas ausbleicht. Blätter, die an dunkleren Teilen des Stockes entstehen, zeigen häufig einen hellgrünlichgelb gefärbten Kern, der aber niemals weiter ergrünt, vielmehr, wenn das Blatt intensiverem Licht ausgesetzt wird, stets verbleicht. Ich werde diese Form in der Folge mit „centralgelb“ bezeichnen im Gegensatz zu

c) Ev. jap. fol. aureo-marginatis, die ich „randgelb“ nennen will. Bei dieser Form ist ein in vollem Lichte eben ausgewachsenes Blatt in der Mitte dunkelgrün gefärbt und am Rande von einem 5 – 10 mm breiten sattgelben Saume umzogen, der mit zunehmenden Alter bisweilen ausbleicht. Im Gegensatz zur vorigen Varietät bleichen hier die im Halbschatten gebildeten, in den sonst gelben Teilen grünlichgelben Blattpartieen am Lichte nicht aus, sondern sind imstande weiter zu ergrünen, ohne indessen je nur annähernd die Farbe gesunder grüner Blätter zu erreichen. Eine von dieser Form abgespaltene Varietät, die häufig spontan an Gelbrand-Sträuchern auftritt, führt rein goldgelbe Blätter ohne die kleinsten grünen Flecken; stellt also eine echte Aureaform vor, umsomehr als diese Triebe nicht rein parasitisch auf der stärker assimilierenden Mutterpflanze vegetieren, sondern als Stecklinge anwachsen und sich selbständig ernähren können. Die Blätter dieser Form besitzen in hohem Grade die Fähigkeit zu ergrünen, etwa wie Laburnum chrysophyllum. Meist beginnt der Prozefs an der Basis des Blattes und schreitet allmählich nach der Spitze zu fort. Häufig findet man Blätter, deren unterer Teil fast normal grün, deren Spitze dagegen ausgeblichen und weifsgelb ist.

Während eines längeren Aufenthaltes in Goslar a. H. hatte ich Gelegenheit einen Ev. jap. aureo-maculatus (centralgelb) zu beobachten, der genau wie die randgelbe Form rein gelbe Sprosse trieb, die sich in allen Stücken wie die von der randgelben Art gebildeten verhielten. Zu genaueren Untersuchungen fehlte mir dort leider die Zeit.

d) Ev. jap. fol. marmoreis. Die Panaschierung dieser Blätter ist wenig auffallend. Auf den normalgrofsen dunkelgrünen Spreiten treten kleine hellgraue Punkte in grofser Zahl auf, die teils dem Verlauf der Nerven folgen, teils ganz unabhängig von diesen sind und dem Blatte ein schwach marmoriertes Aussehen verleihen.

e) Ev. jap. Duc d'Anjou. Diese Varietät erinnert in der Tracht lebhaft an die centralgelbe Form, deren im Schatten aufgewachsene Blätter statt des sattgelben einen grünlichgelben Centralteil haben. Ebenso sehen die Blätter der Varietät Duc d'Anjou aus. Nur werden hier auch im vollsten Lichte nur solche mattgrün gefärbten Blätter entwickelt.

f) Ev. jap. fol. aureo variegatis. Während alle vorher beschriebenen Formen von Ev. jap. eine charakteristische Zeichnung der Blätter hatten, herrscht bei dieser Varietät die gröfste Unregelmäfsigkeit in der Verteilung und Färbung der Flecken. Neben fast rein grünen Blättern treten solche auf, deren eine Hälfte gelblichweifs oder schwach grüngelb ist; andre haben sehr kleine grüne Punkte auf hellerem Grunde, noch andere sind mehr oder minder hellgelb geflammt, oder sind über die ganze Spreite gleichmäfsig gelb gefärbt. Indessen ist die Farbe dieser stets kleinen Blätter nicht die leuchtend goldgelbe der vergilbten Form von Ev. jap. fol. aureo-marginatis, sondern mehr schwefelgelb, und zwar beruht die hellere Färbung nicht auf Ausbleichen, sondern besteht von Jugend auf. Neben diesen Blättern, die alle deutliche Gelbpanaschierungen vorstellten, traten an einem Triebe solche auf, die dunkelgrün waren und deren Ränder zum Teil von rein weifsen Gebieten gebildet wurden. Von diesen ziemlich breiten (5—7 mm), nicht an bestimmte Blattteile gebundenen Distrikten, zogen sich grünlich-weifse bis graugrüne Streifen ähnlich wie bei Ev. jap. fol. albo-marg. in das Blatt hinein, bis sie in das Dunkelgrün des normalen Teiles der Spreite übergingen. In der Intensität der Panaschierung zeigt diese Form eine grofse Ähnlichkeit mit der Weifsrandform. Während aber dort ein schmaler Streifen weifsen Gewebes stets den ganzen Blattrand umzog, waren die weifsen Teile hier bedeutend breiter, nahmen aber stets nur einen kleinen Teil des Blattrandes, höchstens die Hälfte ein. Die beiden zuletzt beschriebenen Arten, Ev. jap. Duc d'Anjou und Ev. jap. fol. aureo-var. sind noch nicht auf die Ansteckungsfähigkeit der Krankheit untersucht. Ich habe sie der Vollständigkeit halber wenigstens auf ihre anatomischen Verhältnisse untersucht. Auf weitere Versuche konnte ich mich, da ich die Kenntnis von der Existenz dieser Varietäten erst nach Abschlufs meiner Arbeiten erhielt, nicht mehr einlassen.

Methodisches.

Es stand für mich von vornherein fest, dafs ich zur Untersuchung nicht nur die bunten, sondern auch die grünen Teile heranzuziehen haben würde, und zwar nicht die grünen Teile panaschierter Blätter, sondern grüne Blätter gesunder Pflanzen; denn es war von vornherein nicht ausgeschlossen, dafs das Agens, das die Chlorphyllbildung in nicht grünen Teilen hindert, auch das grüne Gewebe kranker Pflanzen in charakteristischer Weise umgestalten könne. Eine weitere wichtige Frage war, was zu Vergleichsmomenten zwischen den Panaschierungen zu verwenden wäre. Die chemische Analyse hat vielleicht die meiste Aussicht, das Dunkel, das noch immer die Panaschierungen umgibt, zu erhellen. Aber da wir von der ungeheuren Menge organischer Verbindungen, die in Pflanzenzellen auftreten, bis jetzt nur unzureichende Kenntnis haben, so war vorläufig keine Handhabe gegeben, die ich zur Beantwortung der vorliegenden Fragen mit einiger Aussicht auf Erfolg hätte benutzen können. Nur wenige Stoffe, wie reduzierender Zucker, Stärke, Gerbstoffe, Eiweifsverbindungen, Nitrate, Nitrite u. a. m. lassen sich durch mikrochemische Reaktionen leicht nachweisen. Von diesen Nachweisen schien mir allein der von Stärke gröfsere Bedeutung zu haben; denn zur Stärkebildung ist aktive Tätigkeit bestimmter Körper, der Plastiden, erforderlich. Es weist also das Auftreten von Stärke, unter welchen Bedingungen sie auch gebildet sein mag, immer auf das Vorhandensein funktionsfähiger Plastiden und lebenden Plasmas hin. Alle andern Stoffe dagegen sind, soweit sie in ungebundener Form in den Zellen auftreten, den Gesetzen unterworfen, nach denen ein Ausgleich der Konzentrationen des Zellsaftes von Zelle zu Zelle stattfindet, bis die Lösungen sich im Gleichgewicht befinden. Da aber alle Zellen auch rein weifser Teile leben, so mufs auch ein Austausch derart stattfinden. Es ist also nicht wunderbar, dafs bunte Blattteile Zucker, Nitrate u. s. w. enthalten, selbst wenn eine Bildung und Verarbeitung dieser Stoffe in den Zellen nicht möglich sein sollte.

Ich hatte demnach zunächst festzustellen, wie die Verteilung der Stärke an frischen Blättern war, sodann, ob die nicht grünen Teile im Stande wären, auf 10 % Zuckerlösung Stärke zu bilden. Ferner erschien es mir wichtig zu erfahren, ob die Gerbstoffe, die

in nicht grünen Teilen auftreten, dort gebildet, oder ob sie aus grünen Teilen eingewandert seien. Daher prüfte ich auch auf Gerbstoffe und zwar vor und nach der Behandlung der Blattstücke mit Zuckerlösung. Die Probe auf Gerbstoffe wurde in der bekannten Weise gemacht, dafs die Blattstücke in kaltgesättigte Kaliumbichromatlösung ($K_2 Cr_2 O_7$) gelegt und 3—4 Wochen darin belassen wurden. Ein weiteres sehr wichtiges Vergleichsmoment ist die Anatomie der bunten und grünen Teile. Ich richtete mein Augenmerk besonders auf die Dicke der Blätter, den Aufbau der Schichten, die Zellformen, das Auftreten von Chromatophoren, deren Farbe, Struktur und Verteilung in den Schichten und die Übergänge von buntem zu grünem Gewebe.

Der gröfste Teil der Untersuchungen wurde an frischen Schnitten vorgenommen. Nur zur Beobachtung der Struktur der Chromatophoren, die in lebenden Zellen wegen der notwendigen Dicke der Schnitte (die Zellen dürfen nicht verletzt sein) meist undeutlich ist, wurden gefärbte Präparate verwendet. Besonders nötig war die Färbung zum Nachweis von völlig farblosen Chromatophoren. Das Material wurde zur Färbung in 60 % gesättigtem Pikrinsäure-Alkohol fixiert, die etwa 5 μ dicken Schnitte auf den Objektträger gebracht und nach dem Heidenhainschen Verfahren gefärbt. Die Chromatophoren färben sich damit sehr gut. Nur mufs man sehr lange, etwa 18—24 Stunden in äufserst verdünnter Eisen-Alaun Lösung beizen, darauf nach ganz kurzem Abspülen, ebenfalls in sehr verdünnter Hämatoxylinlösung etwa 12—18 Stunden lang färben und dann sehr vorsichtig gegenbeizen. Nur so erhält man zarte, klare Färbungen, die die Struktur der Chromatophoren deutlich erkennen lassen, während bei Anwendung von Lösungen gewöhnlicher Konzentration die Chromoplasten durch und durch schwarz werden, gar keine Einzelheiten erkennen lassen und bei stärkerem Gegenbeizen mit Eisenalaun Spiegelfärbungen ergeben. Auch die von Zimmermann[1]) empfohlene Säure-Fuchsinfärbung habe ich versucht, aber aus mir unbekannten Gründen keine brauchbaren Resultate damit erzielt.

Die Probe auf reduzierenden Zucker glaubte ich umso eher unterlassen zu können, als nach der heutigen Auffassung die

---

[1]) A. Zimmermann. Beiträge z. Morphol. d. Pflanzenzelle I. Tübingen 1890. Pag. 12. f.

Bildung von Zucker an das Vorhandensein grüner Pigmente gebunden ist. Also mufs umgekehrt gefolgert werden, dafs, wenn Zucker ein Assimilationsprodukt ist, welches überall da, wo überhaupt assimiliert wird, auch tatsächlich entsteht, und nicht etwa erst eine hohe Stufe der Umwandlung primärer Assimilate ist, die bei sehr geringer Assimilation gar nicht erreicht zu werden braucht, dafs dann Zucker auch überall da, wo grüne Farbstoffe auftreten, zu finden sein mufs. Zum Nachweis der grünen Farbstoffe, sowie zu den Farbstoff-analytischen Untersuchungen überhaupt, benutzte ich das von Tswett eingeführte Verfahren der Chromatographie.[1]) Ich werde indessen die Methode und die Gründe, die zur Untersuchung der Farbstoffe veranlafsten, der Übersichtlichkeit halber, erst zusammen mit den Resultaten in einem besonderen Hauptteil bringen und vorher über die Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen berichten.

I. Anatomische Untersuchungen.

1. **Pirus aucuparia. gesund.**

Ein normales grünes Blättchen von Pir. auc. hat im Durchschnitt eine Dicke von 210—230 μ und baut sich aus 8 Schichten auf. Oberste Schicht = Obere Epidermis; 2. und 3. Schicht = Pallisadengewebe; 4. 5. 6. 7. Schicht: Schwammparenchym; 8. Untere Epidermis. Die ziemlich grofsen Chromatophoren aus eben vollständig ausgewachsenen Blättern, die ich am frühen Morgen eines trüben Junitages gepflückt hatte, enthielten keine Stärke und liefsen eine feine Körnelung gut erkennen. In der oberen Epidermis fand ich keine Chloroplasten; das Mesophyll war dicht voll und in den Zellen der unteren Epidermis waren sehr wenige ganz kleine Chloroplasten; nur die Schliefszellen der Spaltöffnungen führten solche in gröfserer Menge. In etwa 20 qmm grofsen Blattstücken, die 3 Tage lang mit der oberen Epidermis nach unten auf 10% Rohrzuckerlösung gelegen hatten, fand ich Stärke in reichlicher Menge. Die obere Epidermis enthielt nur sehr wenige kleine, blaue Körnchen; etwas mehr enthielt die untere Epidermis. Voller Stärke waren nur Schliefszellen und Mesophyll. Material,

[1]) M. Tswett. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XXIV. 1906.

das ich am 6. VII. in kleinen Stücken in $K_2 Cr_2 O_7$ gelegt hatte, zeigte schon nach 5 Tagen sehr starke Gerbstoffreaction in allen Schichten. (Nach 4 Wochen waren die Fällungen nicht stärker geworden). Am dunkelsten war die Fällung in der ersten Pallisadenschicht. Etwas weniger enthielten die Epidermen und am wenigsten, wenngleich auch hier die Fällung noch rostbraun war, führten das Schwammparenchym und die zweite Pallisadenschicht. Auffallend stark war ferner die Anhäufung von Gerbstoffen in der Umgebung der Gefäfsbündel.

Pirus aucuparia Dirkenii aurea.

Diese nicht infectiöse Aurea-Form hat Blätter, die an Gröfse denen der grünen Stammpflanze gleichkommen. Die Dicke ist etwas geringer, etwa 190—200 μ. Die Schichtenzahl- und Verteilung ist wie oben 8 (1. Obere Epid. 2. und 3. Pallisaden. 4., 5., 6., 7. Schwammpar. 8. Untere Epidermis). Die geringere Dicke beruht auf der etwas kompakteren Ausbildung des Schwammparenchyms und einer geringen Verkürzung der obersten Pallisadenschicht. Die Chromatophoren haben dieselbe Gröfse wie grüne und lassen an den etwas intensiver gefärbten des Schwammparenchyms die Granulierung deutlich erkennen. Meist jedoch ist an lebenden Chromatophoren die Färbung so schwach, dafs kaum mehr als die Umrisse deutlich zu erkennen ist. An gefärbten Präparaten erst zeigte sich die völlige Übereinstimmung mit grünen Chromatophoren. Stärke habe ich an Blättern, die an sehr sonnigen Tagen gepflückt waren nie gefunden, mit Ausnahme der Schliefszellen, die hier wie in allen andern Fällen Stärke führten. Nachdem die Blattstücke 3 Tage auf Zuckerlösung gelegen hatten, war nur wenig Stärke und in winzig kleinen weinroten Körnchen gebildet, die bei Beobachtung mit Wasser-Immersion meist längliche Form zeigten. Die Verteilung der Stärke war: Obere Epidermis verhältnismäfsig viel; alle Stärke lag auf der morphologischen Unterseite der Zellen. Pallisaden viel. Schwammparenchym weniger als Pallisaden. Untere Epidermis weniger als obere, mit Ausnahme der Schliefszellen, die voll waren. Die Probe auf Gerbstoffe ergab einen auffallenden Unterschied zu den grünen Blättern. Während dort in den Schichten keine grofsen Differenzen im Gerbstoffgehalt auftraten, enthielten hier nur die beiden Epidermen eine dunkelbraune Fällung. Die erste Pallisadenschicht war hellbraun,

das übrige Mesophyll gelbbraun. Volle Übereinstimmung zeigte sich nur im Gerbstoffgehalt der Gefäfsbündel, deren Scheiden auch hier dunkelbraun waren.

Pirus aucup. fol. luteo-variegatis.

Wie ich schon Seite 7 sagte, tritt die infectiöse Panaschierung bei Pirus vorzüglich in 3 Gestalten auf. Die erste hat gelbe Zähnchen und gelbe Ränder, die zweite hat neben den gelben Zähnen am Mittelnerv der Blättchen breite gelbe-weifse Zonen, die dritte zeigt unregelmäfsig über die ganze Spreite verteilte kleine gelb-weifse Flecken.

1) Die grünen Teile der gelbgezahnten Form hatten eine durchschnittliche Dicke von 240 μ. Zu den Zähnen hin erfolgte eine allmähliche geringe Abnahme, die bei 210 μ ihr Minimum erreichte. Verteilung und Zahl der Schichten stimmten unter sich und mit den grünen gesunden Blättern überein; also 8 Schichten: (1. Obere Epid. 2. und 3. Pallis. 4., 5., 6., 7. Schwammpar. 8. untere Epid.). Beide Epidermen waren an den Zähnen völlig normal entwickelt. Die Pallisaden dagegen waren etwas kürzer als in grünen Teilen und auch das Schwammparenchym bestand aus etwas kleineren Zellen, doch waren die Interzellularen ebensoweit wie bei grünen, weiter als in goldgelben Blättern. Trotz der ziemlich scharfen Grenze, die in der Aufsicht gelbe und grüne Teile trennt, zeigte sich im Querschnitt eine Abstufung, die, wenn auch auf einen engen Raum beschränkt, doch alle Übergänge vom reinen Grün der Chromatophoren bis zum hellsten Weifsgelb erkennen liefs. Wo Gefäfsbündel im Grenzgebiet auftraten, bildeten sie meist keine scharfe Grenze. Wohl konnte ein deutlicher Unterschied in der Farbe der Pallisaden-Chromatophoren rechts und links des Bündels konstatiert werden; wurden aber die Gewebe zu beiden Seiten des Bündels, wie es bei Nerven niederer Ordnung meist der Fall ist, durch Schwammparenchymgewebe verbunden, so konnte man in diesen Verbindungszellen den allmählichen Übergang, der im Pallisadenparenchym unterbrochen war, verfolgen. Bei dem Übergang von Grün zu Gelb behalten die Chromatophoren des Schwammparenchyms die dunklere Farbe stets länger als die der Pallisadenzellen, sodafs an Stellen, wo die Pallisaden schon ganz farblos erscheinen, das Schwammparenchym noch deutlich

gelb ist. Die Ausbildung der Chromatophoren in Gröfse und Granulierung war ganz gleich an gelben und stärkeleeren grünen. Stärke fand ich in bunten Teilen nie, selbst dann nicht, wenn die grünen Teile dicht voll waren. Nur die Schliefszellen enthielten auch hier Stärke. Das Vorkommen von Chromoplasten beschränkte sich auf das Mesophyll. In den Epidermen der gelben Teile fand ich nur an fixierten und gefärbten Präparaten sehr vereinzelte Leukoplasten. In den grünen Teilen dagegen waren auch an frischen Schnitten in den Epidermen einige Chloroplasten zu bemerken. Ein Verweilen von 4 Tagen auf Zuckerlösung bewirkte in den gelben Teilen nur geringe Stärkebildung im Schwammparenchym, während das ganze grüne Mesophyll sehr viel enthielt und selbst die Epidermen der grünen Teile geringe Mengen führten. Zur Zuckerprobe benutzte ich auch hier nur Blätter, bei denen ich vorher das Fehlen der Stärke in den grünen Bezirken festgestellt hatte. — Die Probe auf Gerbstoffe lieferte für die grünen Teile dasselbe Resultat wie an gesunden Blättern; die gelben Partieen hatten aufserordentlich viel in den Epidermen, die eine schwarzbraune Fällung aufwiesen; Pallisaden und Schwammparenchym enthielten gleichmäfsig dunkelbraune Ballen in den Zellen, aber weniger als die Epidermen. Die Gefäfsbündelscheiden waren auch hier mit schwarzbraunen Fällungen angefüllt.

2) Der anatomische Bau der Blätter, bei denen die Mittelrippe in einer Breite von 1—2 mm auf jeder Seite von nichtgrünem Gewebe begleitet wird, weicht von dem normal grünen Gewebe in der Zahl der aufbauenden Schichten nicht ab. Es sind ebenfalls 8. Die unmittelbare Umgebung des Mittelnerven wird schon sehr früh weifs; nach dem Rande hin geht die weifse Farbe allmählich in gelb und grün über. Diesem Übergang der Farbe entspricht die Dicke. Neben dem Hauptnerv betrug die Dicke bisweilen nur 130 μ, in den gelben Teilen etwa 180 μ und in den grünen 210—220 μ. Der Unterschied in der Dicke rührte daher, dafs die Pallisadenzellen der weifsen Teile kürzer als die der gelben und diese kürzer als die grünen waren. Das Schwammparenchym bestand in weifsen Bezirken aus kleinen Zellen, die durch enge Interzellularen getrennt waren, und war überhaupt kümmerlich entwickelt. In den gelben Teilen war das Schwammparenchym lockerer gebaut und bestand aus Zellen fast von der Gröfse der grünen Schwammparenchymzellen. — Die Probe auf Gerbstoffe ergab auch in den

mittleren Teilen des Blattes ein Maximum in den beiden völlig normal entwickelten Epidermen. Auffallend war der grofse Reichtum in den collenchymatisch ausgebildeten Zellen über der Mittelrippe. Nach dem Blattrande hin schien der Gehalt an Gerbstoffen in den Epidermen etwas abzunehmen, doch war die Fällung in der oberen Epidermis immer noch dunkelbraun, in der unteren rostbraun. Das Mesophyll enthielt nur wenig Gerbstoffe, sodafs die Fällung nur schwach gelb war. — In Blättern, deren grüne Teile reich an Stärke waren, fand ich in den bunten Partieen aufser in den Schliefszellen, keine. Nach 4tägigem Liegen auf Zuckerlösung, blieben die weifsen Teile fast leer. Nur vereinzelte kleine weinrote Körnchen liefsen sich nachweisen. An Stellen der Übergangszone zu Gelb, an denen in frischen Schnitten noch keine Chromatophoren zu erkennen gewesen waren, hingen die Körner in lockeren Komplexen zusammen, die an Gröfse gesunde Chromatophoren weit übertrafen, sodafs es den Anschein hatte, als seien die Chromatophoren in kleinere Teilchen zerfallen, hätten diese aber ihre Functionsfähigkeit dennoch behalten und seien die Teilchen in ganz lockerem Zusammenhang geblieben. Im Schwammparenchym befand sich bedeutend mehr Stärke als im Pallisadengewebe. Die Epidermen waren bis auf die Spaltöffnungszellen leer. — An frischen und an gefärbten Schnitten konnte ich in den weifsen Teilen keine gesunden Chromoplasten unterscheiden. Erst in dem Schwammparenchym der gelben Übergangsgebiete traten sie auf, ihre Farbe ging allmählich wie vorher bei der gelbzahnigen Form in grün über. Auch hier behielten die Chromatophoren, so lange sie überhaupt in unzerfallenem Zustande auftraten, normale Gröfse und Struktur.

3) Die dritte Form, in der die infectiöse Chlorose bei Pir. auc. auftritt, ist die weifsgesprenkelte. Infolge der Kleinheit der Flecken und der durch die benachbarten gesunden Teile ausgeübten Spannung, konnten die Unterschiede im Bau der Gewebe hier wohl nicht so bedeutend sein wie bei voriger Art. Die Schichtenzahl betrug in grünen und nicht grünen Teilen 8. Die Dicke etwa 190—200 μ. Der einzige Unterschied im Gewebe war, dafs die Pallisadenzellen der nicht grünen Flecken schmaler als die der grünen Teile waren. Die Epidermen überzogen in gleicher Ausbildung gesunde und kranke Teile. — Die Flecken hatten nicht alle die gleiche Farbe. Es traten weifse, gelbe und gelbgrüne auf.

Bedingt wurden die Farben durch je nach dem Grade der Krankheit mehr oder weniger grün gefärbte Chromatophoren des Schwammparenchyms. Die Chromoplasten der Pallisadenzellen waren fast immer farblos, aber dennoch deutlich zu erkennen. Einen vorzeitigen Zerfall der Chromoplasten (wie in den weifsen Teilen der vorigen Form) habe ich hier nicht beobachtet. Erst Mitte September fingen die weifsen Flecken an braun zu werden. Stärke traf ich in den bunten Teilen nur in den Schliefszellen. Auch nach Verweilen auf Zuckerlösung, war im Mesophyll wenig, in den Epidermen gar keine gebildet. — Gerbstoffreaction erhielt ich in allen Schichten. Die Epidermen waren dunkelbraun, die obere dunkler als die untere. In allen Zellen des Mesophylls fanden sich braune Ballen. Ich lege indessen auf die Gerbstoffverteilung in diesem Falle wenig Wert, weil bei der Kleinheit der farblosen Teile wohl ein Austausch mit den benachbarten gesunden Teilen möglich war.

2. **Ptelea trifoliata. Gesund.**

Die grünen Blätter von Ptelea haben in ganz ausgewachsenem Zustande eine durchschnittliche Dicke von etwa 200 μ. Zu einer Zeit, wo die Aurea-Form noch keine Spur von Ergrünung zeigte, also etwa Anfang bis Mitte Juni, betrug die Dicke ungefähr 175 μ. Die Zahl der Schichten war 10 (11). Nämlich: 1. Obere Epid. 2. Pallisaden. 3—9 (10) Schwammpar. 10 (11) Untere Epid. Die Pallisadenzellen sind aufsergewöhnlich lang und schmal; sie nehmen in der Dicke den gleichen Raum ein wie das gesamte Schwammparenchym. Das Schwammparenchym selbst ist locker gebaut; die unterste Schicht ist zu einer Art unteren Pallisadengewebes umgestaltet. — Das Maximum an Gerbstoffen fand ich in den Epidermen. Die obere zeigte eine rostbraune, die untere eine hellgelbe Fällung. Das Mesophyll enthielt eine durchgehends gleichmäfsig dunkelgelbe Fällung. Die Gefäfsbündelscheiden, die bei Pirus solch ausgesprochene Anhäufung von Gerbstoffen zeigten, waren hier nicht reicher daran als das übrige Mesophyll. — Stärke war an allen stark belichteten Exemplaren in den grünen Zellen in grofser Menge vorhanden. — Die Chromatophoren waren grofs und zeigten die Granularstruktur schon an frischen Individuen sehr deutlich. Die Epidermen enthielten auch nach 3 tägiger Behandlung mit Zuckerlösung nur sehr wenig Stärke.

Ptelea trifoliata aurea.

Die nicht infectiöse Aureaform weicht im Bau der Blätter nicht von der gesunden Form ab. Dicke, Schichtenzahl und Gröfsenverhältnisse der Zellen sind in beiden vollkommen gleich. Auch in dem Gehalt und der Verteilung der Gerbstoffe fand ich keinen Unterschied. Die Chromatophoren glichen abgesehen von der Farbe, die hier hellgelb war, in Struktur und Gröfse den grünen vollständig. Auch Einschlüsse irgend welcher Art konnte ich selbst bei genauester Untersuchung nicht finden. Der einzige Unterschied betraf den Stärkegehalt. Es war auch hier, wie bei Pir. aucup. Dirck. aurea, mit Ausnahme der Schliefszellen am Stamm keine Stärke gebildet. Auf Zuckerlösung trat lebhafte Stärkebildung ein. Das Mesophyll war gleichmäfsig angefüllt; auch die Epidermen enthielten etwas Stärke.

Ptelea trifoliata fol. variegatis.

In ihrem Bau unterscheiden sich die gelben Flecken nur wenig von den grünen Teilen und von gesunden Pflanzen. Die Dicke betrug 210—220 μ an gelben und grünen Stellen. Die Zahl der Schichten war 10. Die Verteilung wie bei den vorigen Formen. Stärke trat im Mesophyll grüner Teile reichlich auf, in gelben Teilen fehlte sie. An den Übergangszonen reichten grüne Zellen des unteren Schwammparenchyms in Teile hinein, deren Palli-sadenzellen schon ausgesprochen gelb waren. Der Übergang erfolgte allmählich und war nicht an Gefäfsbündel gebunden. Die körnige Struktur war an gelben Chromoplasten der intensiver gefärbten Schwammparenchymzellen deutlich erkennbar. — Das Maximum an Gerbstoffgehalt fand ich in der oberen Epidermis, die dunkelbraune Fällungen enthielt. Die untere Epidermis zeigte nur hellbraune Fällungen, und das Mesophyll, das überall gleichmäfsig gelbbraunen Zellinhalt aufwies, enthielt am wenigsten. Die Umgebung der Gefäfsbündel war hier, wie bei den anderen Ptelea-Formen nicht reicher an Gerbstoffen als die anderen Gewebe. Einen Unterschied im Gerbstoffgehalt gelber und grüner Teile habe ich nicht beobachtet. — Auf Zuckerlösung bildete die obere Epidermis fast keine Stärke, das Mesophyll reichlich, am meisten in den unteren Schichten des Schwammparenchyms, die untere Epidermis war bis auf die Schliefszellen leer. — Der Gehalt an

Kalkoxalatdrusen war aufserordentlich grofs. Besonders die gelben Teile enthielten sehr viel. Ich beobachtete Fälle, wo 3—4 Drusen übereinander in einer Pallisadenzelle lagen. Da ich diese Form erst gegen Ende September untersuchen konnte, so verglich ich zur Kontrolle die Blätter der beiden anderen Arten und fand auch dort grofse Kalkoxalatanhäufungen. Die Erklärung hierfür gibt A. F. W. Schimper in seiner Arbeit: Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern.[1])

3. Ligustrum vulgare. gesund.

Grüne Blätter von Ligustr. vulg. bauen sich bei einer durchschnittlichen Dicke von 180—200 μ aus 7—8 Schichten auf. (1. Obere Epid. 2. (3.) Pallisadenzellen. 3. 4. 5. 6. (7.) Schwammpar. 7. (8.) untere Epid.). Der Gerbstoffgehalt ist grofs. Nach 3 Wochen in $K_2 Cr_2 O_7$ war die ganze obere Epidermis dunkelbraun, alle Pallisaden- und Schwammparenchymzellen enthielten dunkelbraune Ballen, die bis zu $^1/_3$ die Zellen anfüllten; die untere Epidermis enthielt weniger als die obere, war aber auch rostbraun gefärbt. Auffallend viel Gerbstoffe enthielten die Epidermen über den Gefäfsbündeln und die Gefäfsbündelscheiden. — Stärke war an stark belichteten Blättern sehr viel im Mesophyll und den Schliefszellen, fafst keine in den Epidermen. — Die Chromatophoren waren grofs und deutlich granuliert und verteilten sich im Blatte so, dafs in den Epidermen aufser den Schliefszellen keine, in den Pallisadenzellen sehr viel, im Schwammparenchym etwas weniger enthalten waren.

Ligustrum vulgare aureum.

Die Dicke der Blätter war bei normaler Gröfse im Durchschnitt etwas geringer als bei grünen, etwa 170 μ. Schichtenzahl und Verteilung war dieselbe, also 7 (8). Auch die Ausbildung der Gewebeschichten war dieselbe bis auf die (oberste) Pallisadenschicht, die häufig etwas kürzer als bei grünen war. — Die Chromatophoren verteilten sich auf das ganze Mesophyll, waren gelblich gefärbt, deutlich begrenzt, und von derselben Gröfse und Struktur wie die grünen. Einschlüsse habe ich nicht beobachtet, weder an gefärbten noch ungefärbten Präparaten. — Der Gerbstoffgehalt war geringer als an grünen Blättern. Nach der gleichen

[1]) A. F. W. Schimper. Bot. Ztg. 1888 p. 65 ff.

Zeit war die Fällung in der oberen Epidermis rostbraun, in allen andern Teilen gleichmäfsig hellbraun. — An frischen reingelben Blättern habe ich nie Stärke gefunden aufser in den Schliefszellen. Waren die Blätter ergrünt, so trat zuerst in den Schwammparenchymzellen Stärke auf. Nach Verweilen auf Zuckerlösung war dagegen in allen Schichten viel Stärke gebildet. Am meisten im Schwammgewebe, etwas weniger in den Pallisaden und nur wenig in den Epidermen.

Ligustrum vulgare fol. aureo-variegatis.

Die infectiöse Form der Panaschierung von Ligustrum zeigt Flecken, die ähnlich wie bei Ptelea die Spreite durchsetzen, und allmählich in grünes Gewebe übergehen. Die grünen Teile infizierter Blätter zeigten keinerlei Abweichungen von gesund grünen. Die Dicke nahm in den gelben Flecken nach der Mitte zu ab und erreichte im Minimum etwa 175 μ, gegenüber den grünen Teilen, die etwa 190 μ massen. Die Verringerung beruhte auf dem engeren Bau des Schwammparenchyms. — Die Chromatophoren waren schwach gelb gefärbt und von der Gröfse und Struktur der grünen. Im Schwammgewebe reichten an den Übergangszonen Zellen mit grünen Chromatophoren in gelbe Gebiete herein und nahmen langsam an Farbenintensität ab. Stärke und andere Einschlüsse habe ich nicht beobachtet. Auf Zuckerlösung wurde viel Stärke gebildet. Die Epidermiszellen enthielten mehrere grofse Körner, die immer auf der dem Mesophyll zugekehrten Seite lagen. Die Pallisaden enthielten viele kleine Körnchen, das Schwammparenchym noch mehr. In einem Falle ging die Mittelrippe des Blattes quer durch einen gelben Fleck. Auf Zuckerlösung gelegt enthielten die Epidermen und kollenchymatisch verdickten Zellen über dem Hauptgefäfsbündel sehr viele, grofse blaue Körner. — Der Gehalt an Gerbstoffen war hoch, ebenso wie bei grünen Blättern; eine wesentliche Zunahme nach Stärkebildung auf Zucker, fand nicht statt; wäre wohl auch bei dem ohnehin hohen Gerbstoffgehalt nicht leicht mit Sicherheit festzustellen gewesen.

Ligustrum vulgare glaucum fol. argenteo-marg.

Die rein grünen Teile dieser nicht infectiösen Weifsrand-„Varietät“ stimmen in allen Punkten vollkommen mit den gesunden grünen Blättern überein. Bei dem Übergang von rein grünen

Teilen zu graugrünen (Fig. 1) treten an Stelle der Pallisadenschichten 2 Schichten ziemlich isodiametrischer, nicht chromatophorenhaltiger Zellen, womit eine Reduction der Dicke auf etwa 140 μ verbunden ist. Das Blatt baut sich in diesen Teilen aus 8 Schichten auf. 1. Obere Epid. 2. und 3. subepidermale Schichten 4. 5. 6. 7. Schwammparenchym 8. untere Epidermis. Fig. 1 gibt eine Stelle in der Nähe des Überganges von graugrünen zu rein weifsen Teilen wieder; in diesen Zonen tritt häufig, wie die Fig. zeigt, zwischen Schwammparenchym und unterer Epidermis gleichfalls eine farblose subepidermale Schicht auf. — Die Chromatophoren verteilen sich folgendermafsen: Obere Epidermis fast leer, nur äufserst wenige, sehr kleine Chloroplasten ohne deutliche Struktur. Subepidermale Schichten leer. Schwammparenchym voll grofser normalgrüner Chloroplasten; Subepidermale Schicht der unteren Epidermis leer. Untere Epidermis wie obere, nur Schliefszellen grün. Dementsprechend war der Stärkegehalt an nicht mit Zucker behandelten Blättern: Obere und untere Epidermis (aufser Schliefszellen) und subepidermale Schichten, leer. Schwammparenchym und Schliefszellen voll Stärke. Auf Zuckerlösung wurde in den Epidermen ziemlich viel, in den subepidermalen Schichten sehr wenig und im Schwammparenchym sehr viel Stärke gebildet.

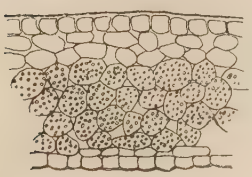


Fig. 1.

Beim Übergang von grauen zu weifsen Teilen (Fig. 2) ragen einige grüne Schwammparenchymzellen keilförmig in das Mesophyll der weifsen Teile hinein. Die Grenze zwischen weifsen und dunkelgrünen Zellen ist ganz unvermittelt. Die Stärkebildung war in den rein weifsen Teilen genau wie in den Zellen der subepidermalen Schichten der graugrünen Teile. Aber auch in den ganz weifsen Teilen bildeten die Schliefszellen am Stamm reichlich Stärke, vermöge ihrer grünen Chromatophoren. Auf Zucker bildeten die Epidermiszellen ziemlich viel, die weifsen Mesophyllzellen fast keine Stärke. In beiden Epidermen lagen wie immer die Stärke-

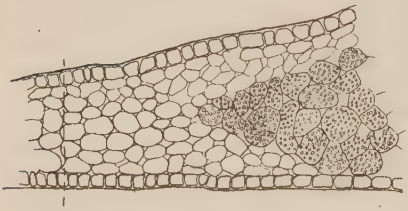


Fig. 2.

körner der dem Mesophyll zugekehrten Seite an. Die Cuticula war am äufsersten Rande ungewöhnlich dick und bedeutend stärker als an den Rändern grüner Blätter. Die Abnahme der Dicke fand ihren Grenzpunkt dicht vor dem Rande, wo das Blatt, nur noch etwa 5—6 Schichten stark, (ungefähr die Stelle der punktierten Linie in Fig. 2), etwa 90—100 μ mifst. — Der Gerbstoffgehalt war in den weifsen Teilen deutlich gröfser als in grünen. Die gröfste Ansammlung fand ich in den Epidermen, die eine dunkelschwarzbraune Fällung aufwiesen; auch das weifse Mesophyll zeigte bei hell rostbrauner Fällung einen gröfseren Reichtum an Gerbstoffen als das Schwammparenchym reingrüner Teile.

4. Abutilon.

Ab. Erfurter Glocke. gesund. Als Vergleichsobjekt mit den panaschierten „Varietäten" benutzte ich grüne Exemplare der Garten-Spezies Abutilon Erfurter Glocke. Die Schichtenzahl eines Sommerblattes beträgt 5 (Fig. 3). 1. Obere Epidermis, 2. und 3. Pallisaden, 4. Schwammparenchym, 5. untere Epidermis. Die Dicke ist an völlig ausgewachsenen Blättern etwa 75—80 μ. Die Zellen der obersten Pallisadenschicht haben zylindrische Gestalt, die der zweiten sind meist etwas kürzer, verjüngen sich nach unten und divergieren ähnlich wie Sammelzellen. — Der Gerbstoffgehalt war in Blättern, denen vorher durch Verdunkelung der Stöcke die Stärke entzogen war, sehr gering. Relativ am meisten fand ich im Mesophyll. In jungen Blättern führte die obere Epidermis ungefähr ebensoviel wie das Mesophyll, in alten dagegen waren die Gerbstoffe bisweilen ganz aus den Epidermen verschwunden, in anderen Fällen wieder war der Gehalt derselbe geblieben. In der unteren Epidermis konnte ich gröfsere Ansammlungen von Gerbstoffen nur in der nächsten Umgebung der Spaltöffnungen beobachten. Um zu erfahren, ob bei Stärkebildung eine Aenderung im Gerbstoffgehalt einträte, nahm ich die Gerbstoffprobe an Blattstücken vor, die vorher auf Zuckerlösung gelegen hatten. Sie stammten von denselben Blättern, für die die vorher

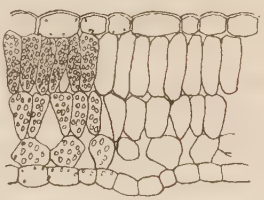


Fig. 3.
Chromatophoren nur in der linken Hälfte ausgeführt.

gegebenen Daten galten. Eine geringe Zunahme war im Mesophyll eingetreten, das jetzt in den meisten Zellen eine braungelbe Fällung aufwies, während sie vorher nur hellgelb gewesen war. In den Epidermen war keine Zunahme zu verzeichnen. Es war entweder zu gar keiner (ich benutzte alte, aber noch vollkommen funktionsfähige Blätter), oder in anderen Stücken zu einer ganz schwach hellgelben Fällung gekommen. Die Schliefszellen und ihre nächste Umgebung zeichneten sich wie vorher durch gröfseren Gehalt an Gerbstoffen aus. — Die Chromatophoren von Abutilon sind grofs und zeigen eine deutliche Struktur. Aufser im Mesophyll und den Schliefszellen traten in den Epidermen wenige kleine deutlich grün gefärbte Chloroplasten auf; doch war an ihnen, selbst bei Beobachtung mit Immersion, weder an frischen noch an gefärbten Präparaten eine Struktur zu unterscheiden. — An frischen Schnitten fand ich Stärke nur im Mesophyll und den Schliefszellen. Auf Zuckerlösung wurde auch in den Epidermen Stärke gebildet. Die Körner lagen in ansehnlicher Menge an der morphologischen Unterseite in den Zellen der oberen Epidermis; an der morphologischen Oberseite in den Zellen der unteren. Der Kern lag in allen Fällen an derselben Seite wie die Stärkekörner.

Ab. Erfurter Glocke. panaschiert. Die Winterblätter, an denen ich meine ersten Untersuchungen anstellte, fielen durch geringe Menge und Intensität der gelben Flecken auf; was aus der geringen Virusproduktion infolge des schwachen Lichtgenusses erklärt werden kann. Auch anatomisch wichen sie von dem Bau normal entwickelter Blätter ab. Es waren typische Schattenblätter. In den extremsten Fällen bestanden sie aus drei Schichten, den beiden Epidermen und einer diese verbindenden Schicht Pallisadenzellen, die im oberen Teil zusammenschlossen, nach unten schmaler werden und auseinanderweichen. Normal entwickelte Blätter hatten an ihren grünen und gelben Teilen denselben Aufbau aus 5 Schichten. 1. Obere Epiderm. 2. und 3. Pallisaden. 4. Schwammpar. 5. untere Epidermis. Die gewöhnliche Dicke der Blätter betrug etwa 100 μ. Bisweilen waren bunte Stellen etwas dünner als grüne, bisweilen aber auch dicker, sodafs im Mittel die Dicke in beiderlei Bezirken jedenfalls gleich war. — Der Gerbstoffgehalt war, wie an gesunden Pflanzen, äufserst gering. Meistenteils enthielten nur die Epidermiszellen über den Gefäfsbündeln gröfsere Mengen. Ein Unterschied in dem Gerbstoff-

gehalt gelber und grüner Teile hat sich nur bei alten Blättern mit einigermafsen regelmäfsiger Wiederholung herausgestellt. Dort nahm der Gehalt mit dem Verschwinden der grünen Pigmente ziemlich stetig ab, sodafs alte weifsgelbe Flecken fast gar keine mehr enthielten. Nachdem ich dieselben Blätter durch Behandlung mit Zuckerlösung zur Stärkebildung gezwungen hatte, war eine ganz geringe Zunahme in den grünen Teilen zu verzeichnen; gelbe Partieen enthielten auch dann noch keine Gerbstoffe. Bei jungen Blättern konnte ich eine derartige Abnahme der Gerbstoffmengen in den gelben Teilen nicht finden. Das Auftreten von Gerbstoffen beschränkte sich vor wie nach der Ernährung mit Zucker auf die Epidermen; nur in ganz vereinzelten Fällen war in Pallisadenzellen die Spur einer Fällung zu bemerken. — Die Kalkoxalatdrusen, die bei Abutilon sehr häufig sind, waren über alle Teile der Blätter gleichmäfsig verteilt; ich habe nicht beobachtet, dafs irgend welche durch Färbung zu unterscheidenden Partieen besonderen Mangel oder Ueberflufs daran gehabt hätten. Die gröfsten Ansammlungen fand ich stets in der Umgebung von Gefässbündeln an alten Blättern. — Die Chromatophoren der grünen Teile kranker Blätter weichen weder in Gröfse noch in Struktur von denen gesunder Blätter ab. Der Uebergang zu gelben Teilen erfolgte trotz der äufserlich ziemlich scharfen Grenze allmählich, indem die Chromatophoren nach und nach ihre grüne Farbe verloren. Der Verlust von grünen Pigmenten erfolgte von Zelle zu Zelle derart, dafs in jeder Zelle nur Chromatophoren einer Farbennuance vertreten waren. Die Chromatophoren der gelben Teile haben in der Jugend dieselbe Gröfse und Struktur wie grüne. Im Alter findet ein Zerfall der Chromatophoren statt, ohne dafs sie, ebenso wie bei Pirus ancup., ihre Funktionsfähigkeit ganz verlieren. Legt man nämlich Stücke alter Blätter auf Zuckerlösung, so bilden sie kleine Stärkekörnchen. Diese liegen aber nicht dicht gedrängt wie im jugendlichen Chromatophor, sondern in ringförmigen Gruppen, die die ehemalige Zusammengehörigkeit der einzelnen Stärkebildner dokumentieren. An nicht auf Zucker gelegten Blättern habe ich nie in gelben Teilen Stärke gefunden, aufser in den Schliefszellen. An den Uebergängen zu grünen Teilen trat zuerst Stärke auf im Schwammparenchym. Erst Zellen, deren Chromatophoren stark grün sind, können am Stamm Stärke bilden. Da nun alle Chromatophoren einer Zelle den gleichen

Farbenton haben, kann es nicht überraschen, unmittelbar nebeneinander Zellen zu sehen, deren eine gar keine, die andere in jedem Chromatophor Stärke enthält. Ueber die Verteilung der auf Zuckerlösung gebildeten Stärke, läfst sich keine allgemeine Regel aufstellen, da bald in der einen, bald in der anderen Schicht mehr gebildet wird. Im allgemeinen wird in den gelben Teilen junger Blätter mehr gebildet als in denen alter. Beide Epidermen enthielten Stärke in kleinen Körnern und geringer Menge. Das Schwammparenchym gelber Teile enthielt, abgesehen von ganz alten Blättern, stets Stärke in grösserer Menge als die Pallisadenzellen und als die Schwammparenchymzellen grüner Teile, was ich daraus erkläre, dass das Maximum der Assimilation in gelben Flecken vom Schwammparenchym geleistet wird, und dementsprechend in diesem Gewebe mehr Chromatophoren liegen als in dem grünen Schwammparenchym. Da aufserdem an der Umsetzung von Zucker in Stärke die grünen Pigmente wohl unbeteiligt sind, und nur die Menge der Plastiden eine Rolle spielt, so ist der Unterschied im Stärkegehalt des Schwammparenchyms gelber und grüner Bezirke selbstverständlich. — Die Grenze zwischen gelben und grünen Blattteilen war, wenn Gefäfsbündel das Blatt in seiner ganzen Tiefe durchsetzten, häufig scharf gezogen. In allen andern Fällen war der allmähliche Uebergang von rein grünen zu rein gelben Distrikten mit Sicherheit zu verfolgen.

Abutilon Thompsoni.

Der Bau der Blätter von Ab. Th. ist dem der Erfurter Glocke so ähnlich, dafs ich mit wenigen Worten darüber hinweggehen kann. Die Dicke ausgewachsener Blätter betrug in gelben und grünen Teilen übereinstimmend 90—100 μ. Das Blatt baute sich aus 5 Schichten wie Ab. Erf. Gl. auf, von denen im grünen Gewebe die Pallisadenzellen viel, die Schwammparenchymzellen etwas weniger Chromatophoren enthielten. In gelben und gelbgrünen Flecken fanden sich im Schwammparenchym mehr Chromatophoren als in den Pallisaden. Die Epidermen führten nur sehr wenige kleine Chloroplasten in beiden Bezirken. Die Flecken zeigten dieselbe Abschattierung von dunkelgrün-weifsgelb wie die Erfurter Glocke. Die grünen Bezirke waren bei Ab. Thompsoni stets ausgedehnter als bei der vorigen Art. — Der sehr geringe Gerbstoffgehalt nahm

in alten Blättern mit dem Verschwinden der grünen Farbstoffe ab; an jungen Blättern liefs sich diese Erscheinung nicht mit Regelmäfsigkeit konstatieren. Etwas gesteigert wurde der Gehalt an Gerbstoffen wieder durch Stärkebildung auf Zucker. — Stärke habe ich im Gegensatz zu Timpe, der auch in gelben Teilen bisweilen mehr Stärke als in grünen gefunden hat,[1]) dort nie gefunden. Da indessen Timpe für sein Abutilon Thompsoni 8 Zellschichten angibt, während ich constant 5 und an weniger gut entwickelten nur 3—4 Schichten beobachtete, so scheint es mir zweifelhaft zu sein, ob Timpe dieselbe Pflanze untersucht hat, wie ich. Leider gibt Timpe die Quelle, von der er sein Untersuchungsmaterial bezogen hat nicht an, so dafs eine Vergleichung nicht möglich ist. — Auf Zuckerlösung dagegen bildeten alle gelben Teile, mit Ausnahme der ganz alten Flecke viel Stärke; ebensoviel und im Schwammgewebe sogar mehr als die grünen. Auch hier konnte ich Stärkebildung in schon im Zerfall begriffenen Chromatophoren constatieren. Der Übergang von gelben zu grünen Teilen erfolgte in derselben Weise, wie bei der Erfurter Glocke. Auch im Auftreten von Kalkoxalatkrystallen habe ich keinen Unterschied zwischen gelben und grünen Teilen wahrgenommen.

Abutilon Souvenir de Bonn.

Von den beiden oben genannten Weifsrand-„Varietäten“ von Abutilon, Ab. Sawitzer und Ab. Souvenir de Bonn, habe ich nur letztere eingehend untersucht. Von der ersteren stand mir nur soviel Material zur Verfügung, dafs ich mich von der Übereinstimmung der Verhältnisse überzeugen konnte. — Ein Querschnitt durch rein grüne Teile eines Blattes von Abut. Souvenir d. B. zeigte bei einer Dicke von 85—90 μ 5 Schichten. 1. Obere Epid. 2. (3.) Pallisaden. (3.), 4. Schwammpar. 5. untere Epid. Für gewöhnlich war die 3. Schicht als Pallisadenzellreihe, seltener als Schwammparenchym entwickelt. Die Verteilung der Chromatophoren in grünen Bezirken war die gewöhnliche: Maximum in den Pallisaden, etwas weniger im Schwammgewebe. Beide Epidermen enthielten relativ viel Chromatophoren; die untere beträchtlich mehr als die obere; doch hatten die Chloroplasten nur $^1/_3$—$^1/_4$ der Gröfse normaler Chromatophoren aus dem Mesophyll. Der

[1]) cf. Timpe: Beiträge u. s. w. p. 122 und p. 49 f.

Stärkegehalt entsprach der Verteilung der Bildner. Gerbstoffe fehlten ganz oder traten nur im Mesophyll als ganz schwach gelbe Fällung auf.

Die graugrünen Teile, die auf der Spreite einen weit gröfseren Raum als die reingrünen, die auch ganz fehlen können, einnahmen, verhielten sich in allen Stücken genau wie die reingrünen; nur bestand das Blatt dort nicht aus 5, sondern aus 6 Schichten, und zwar lag die Schicht, die neu hinzukam, zwischen oberer Epidermis und Pallisadenzellen, enthielt keine Chromatophoren und bewirkte daher die graue Farbe der Bezirke. Da Blätter von nicht panaschierten Formen von Ab. Sawitzer und Ab. Souvenir de Bonn diese Schicht nicht hatten, so ist sie nicht als Wassergewebe aufzufassen. Von welchem Gewebe diese Zellschicht abstammt, kann ich, da ich entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nicht vorgenommen habe, nicht sagen. Fig. 4 zeigt den Querschnitt durch den graugrünen Teil eines Blattes von Ab. Souv. d. B. Die Zellen der subepidermalen Schicht sind langgestreckt und an Gröfse den Epidermiszellen ziemlich gleich. In ihrer Form dagegen sind sie nicht so constant wie diese, da sie überall, wo sie mit Pallisadenzellen zusammenstofsen, von diesen zusammengedrückt werden. Sie bilden unter der Epidermis eine zusammenhängende Schicht. An den Übergangszonen zu rein grünen Gebieten wird die seitliche Verbindung häufig unterbrochen und die Pallisadenzellen stofsen unmittelbar an die Epidermiszellen; vereinzelt treten dann noch hie und dort derartige Zellen auf, bis sie ganz verschwinden. Die Dicke grauer Teile ist etwas gröfser als die reingrüner, nämlich etwa 90—95 μ. — Gerbstoffe habe ich in diesen Zellen nie gefunden. Auffallend war das gänzliche Fehlen von Chromatophoren, da doch selbst die Epidermen welche enthielten. Stärke war infolgedessen an unpraeparierten Blättern nie zu finden. Nach Behandlung mit Zuckerlösung fand ich auch in dieser Schicht einzelne kleine Körnchen. Diese können beim Schneiden nicht hineingeraten sein, da ich ihr Vorkommen an 10—15 μ starken Mikrotomschnitten feststellte. Die Stärke lag stets in unmittelbarer Nähe des Kernes.

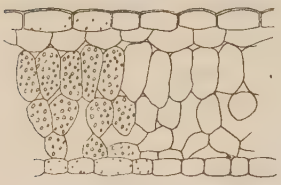


Fig. 4.

Chromatophoren nur in der linken Hälfte ausgeführt.

Die Uebereinstimmung, die sich in dem Auftreten einer farblosen subepidermalen Schicht, mit der Weifsrandform von Ligustrum zeigt, geht noch weiter in den ganz weifsen Stellen, und besonders den Uebergängen von weifsem zu grünem und weifsem zu graugrünem Gewebe. Man kann zwar in den rein weifsen Teilen noch immer 4—5 Zellschichten unterscheiden, aber nur die Epidermen zeigen normale Ausbildung. Fig. 5 zeigt ein

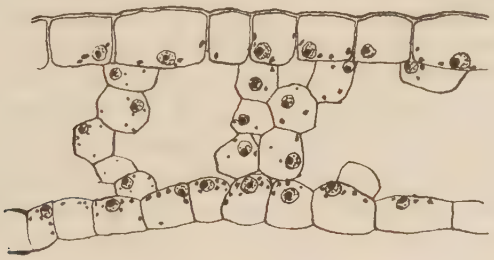


Fig. 5.

Stück aus dem weifsen Rande im Querschnitt. Der Raum zwischen den Epidermen ist nur zu einem kleinen Teil von Zellen ausgefüllt. Aber sie lassen sich nicht in die Kategorieen der sonst auftretenden Mesophyllzellen einreihen. Es sind Zellen ohne

Fig. 6.

Chromatophoren, die zu gröfseren oder kleineren Komplexen von verschiedener Höhe angehäuft sind, und die Epidermen auseinanderhalten, sodafs die Dicke des Randes zwischen 45 und 70 μ schwankt. Weder der Form noch dem Inhalt nach könnte man den Zellen eine bestimmte Function zuschreiben. Dennoch leben die Zellen und sterben erst mit dem Welken des übrigen Blattes ab. Die Körper die aufser den Kernen (Fig. 5) in den Mesophyllzellen auftreten, sind vereinzelte Leukoplasten, die am lebenden Schnitt unsichtbar, erst durch Färbung sichtbar werden.

Der Anschlufs der weifsen Ränder an grüne resp. graugrüne Gebiete findet entweder in der Weise statt, wie Fig. 6 zeigt, dafs ein Gefäfsbündel höherer Ordnung die Grenze zwischen weifsen und reingrünen Gebiet bildet; in diesem Falle treten auch im grünen Gewebe auf ganz kurze Strecken farblose Zellen unter der oberen Epidermis auf. Wenn kein gröfseres Gefäfsbündel die Grenze bildet (Fig. 7), so grenzen unmittelbar grüne Zellen an

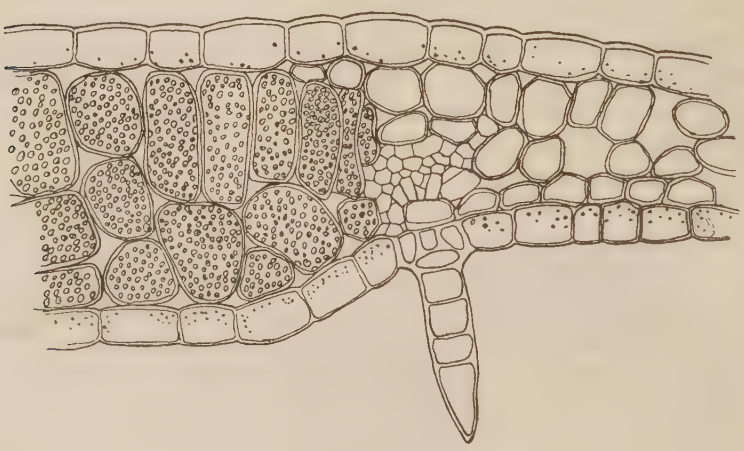


Fig. 7.

solche die gar keine Chromoplasten enthalten. Eine allmähliche Abnahme der Menge der Chromatophoren, etwa dem langsamen Uebergang von reingrünen zu gelben Gebieten von Ab. Erfurter Glocke entsprechend, findet nie statt. Ebenso ist die Verringerung der Blattdicke aufserordentlich plötzlich. — Gerbstoffe habe ich in den farblosen Zellen nie beobachtet. Stärkebildung tritt

auf Zuckerlösung ein. In den Mesophyllzellen wurde nicht viel gebildet, aber jede Zelle enthielt 1—3 ziemlich grofse Körner. Ich hatte vorher gesagt, dafs die Unterseite der weifsen Blattteile einen grünlichen Schimmer zeige. Dasselbe ist bei günstigen Belichtungsverhältnissen an der oberen Epidermis, wenn auch nicht so deutlich zu beobachten; und beruht darauf, dafs die untere Epidermis viel, die obere wenig kleine Chloroplasten enthält. Ihre Struktur habe ich nicht zu erkennen vermocht; denn bei Fehlen von Stärkeeinschlüssen sind sie so klein, dafs selbst an gefärbten Präparaten Einzelheiten nicht zu unterscheiden waren. Auf Zuckerlösung wurde in den Epidermen viel Stärke in sehr kleinen Körnchen gebildet. An frischen Schnitten fand ich aufser in den Schliefszellen, die viele enthielten, nur vereinzelte kleine Körner. Gerbstoffe fand ich nur in den Schliefszellen und ihrer Umgebung in geringen Mengen.

5. Laburnum vulgare; gesund.

Die grünen Blätter von Laburnum vulg. haben eine durchschnittliche Dicke von etwa 175 μ bei 8 Schichten. Unter der oberen Epidermis liegen 2, selten 3, Pallisadenzellschichten, von denen die oberste manchmal etwas länger als die übrigen ist. Darauf folgt ein 3 seltener 4 schichtiges Schwammparenchym und die untere Epidermis. — Der Gerbstoffgehalt der Blätter war nicht sehr hoch. Die Epidermen allein waren dunkel braun-gelb, während das ganze Mesophyll schwach hellgelb gefärbt erschien. Alle Gefäfsbündel waren von dunkelgelben Scheiden umgeben, doch erreichte die Fällung auch hier nicht den Grad wie in den Epidermen. — Die Chromatophoren zeichneten sich durch Gröfse und besonders klare Struktur schon am lebenden Objekt aus. Pallisaden und Schwammparenchym waren dicht besetzt; die oberste Pallisadenschicht stärker als das andre Mesophyll. In den Epidermen habe ich Chromatophoren nicht beobachtet. — An frischen Schnitten lag Stärke nur im Mesophyll und den Schliefszellen. Nach $2^1/_2$ tägigem Verweilen auf Zuckerlösung fand ich wenig Stärke in der oberen, etwas mehr in der unteren Epidermis.

Laburnum vulgare chrysophyllum.

Der Bau der goldgelben Blätter ist derselbe wie der der grünen und die Dicke ist hier ebenfalls etwa = 180 μ. Bisweilen

trat ein unbedeutende Verkürzung der obersten Pallisadenschicht auf, was eine Verringerung der Blattdicke um höchstens 5 μ bedingte. — Der Gerbstoffgehalt war gering. Am meisten enthielten die beiden Epidermen, während das Mesophyll mit Ausnahme der Gefäfsbündelscheiden sehr arm daran war. — Die Chromatophoren in jungen, leuchtend goldgelben Blättern liessen sich schon an lebenden Schnitten gut beobachten und zeigten dieselbe Gröfse und Struktur wie die grünen. Auch ihre Verteilung im Blatte war dieselbe, nur in der obersten Pallisadenschicht war kein reichlicheres Vorkommen gegenüber dem andern Mesophyll zu verzeichnen. Nur die Schliefszellen hatten Chromatophoren von grüner Farbe. Wie ich schon vorher sagte, können die Blätter dieser Form ergrünen. Dieser Vorgang beginnt, hier wie in den andern Fällen, höchst wahrscheinlich unter dem Lichtschutz der Pallisaden, im Schwammparenchym und erst, nachdem dieses stark ergrünt ist, erstreckt sich der Vorgang auch auf die Pallisadenschichten. Häufig bleibt es indessen bei dem Ergrünen des Schwammparenchyms und der unteren Pallisadenschicht. Erst wenn die Ergrünung einen hohen Grad erreicht hat, läfst sich an unbehandelten Blättern Stärke nachweisen. Vorher zeigte sich selbst an der Assimilation sehr günstigen Tagen, aufser in den Schliefszellen keine Stärke. Bietet man dagegen den Blättern Zuckerlösung dar, so erfolgt eine sehr lebhafte Stärkebildung in allen Teilen des Mesophylls und den Epidermen.

6. Evonymus japonicus.

Die Autoren, die sich früher mit der Erforschung der Panaschierungen abgaben, haben alle die Weifsrand-Varietät von Evonymus radicans untersucht. Ich wähle für meine Arbeiten Evonymus japonicus, weil bei dieser Art nicht weniger als sieben verschiedene Panaschierungen auftreten, von denen fünf bereits von Herrn Dr. Baur auf Ansteckungsfähigkeit untersucht waren.

1) Ev. jap. grün gesund. Die glänzend schwarzgrünen gesunden Blätter bestehen aus etwa 13 Schichten (Es kommen Blätter mit 11 so gut wie mit 15 Schichten vor, doch ist die gewöhnliche Zahl 13—14), die eine Dicke von 350—380 μ, selbst 400 μ bedingen. Die Verteilung der Schichten ist: 1. Obere Epid.; 2., 3., 4. (5) Pallisaden.; 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11. Schwammparenchym.; 12. pallisadenähnliche Schicht; 13 untere Epidermis. Bisweilen ist

auch die 11. Schicht wie die 12. ausgebildet. Die Pallisadenähnlichkeit der beiden vorletzten Schichten beruht auf ihrer Gestalt, die viel kleiner als die der anderen Schwammparenchymzellen ist, auf ihrem engeren Zusammenhang und dem bedeutend gröfseren Gehalt an Chromatophoren. — Die Pallisadenzellen sind sehr klein und enthalten viele kleine Chromatophoren. Die Schwammparenchymzellen sind viel gröfser, bilden ein lockeres Gewebe und enthalten bedeutend weniger Chromatophoren als die Pallisaden. — Der Gerbstoffgehalt war gering an alten wie an jungen Blättern. Nur die obere Epidermis wies eine dunkelgelbe Fällung auf; die untere war kaum hellgelb gefärbt, ebenso wie die Pallisaden; dagegen traten im Schwammparenchym vereinzelte Zellen auf, die Gerbstofffällungen in dunklen Ballen enthielten. Auch in den Parenchymscheiden der Gefäfsbündel war keine nennenswerte Zunahme zu konstatieren.

2) Ev. jap. fol. aureo-marginatis. Die Dicke grüner Teile beträgt an älteren Blättern etwa 390 μ, an jüngeren 200 μ; die gelben Teile in entsprechenden Altersstufen sind 360 und 195 μ stark. Die Schichtenzahl schwankt zwischen 11 und 15. Absolut constant war aufser den Epidermen nur die Zahl der Pallisadenschichten der unteren Epidermis. Das übrige Mesophyll teilte sich meist in 3 (4) Pallisaden und 7 (6) Schwammparenchymschichten. Der Übergang von der gröfseren zur geringeren Dicke erfolgte langsam, entsprechend dem Farbloswerden der Chromatophoren. Am längsten hielt sich die grüne Farbe in den Chromatophoren der unteren Pallisadenzellen, während das zugehörige Mesophyll schon rein gelbe Chromatophoren besafs. Die Epidermen enthielten keine Chromatophoren. Das Mesophyll der grünen Teile stimmt bezüglich der Chromatophorenverteilung mit gesunden Blättern überein. Die obersten Pallisadenschichten rein gelber Teile enthielten in jugendlichem Zustand Chromatophoren, deren Konturen an frischen Schnitten schlecht, an gefärbten gut zu erkennen waren. In älteren Blättern zerfielen die Chromatophoren in körnelige Massen; wenigstens habe ich in den Pallisaden alter Blätter nie normale Chromatophoren gesehen. In den unteren Schwammparenchymreihen und den Pallisaden der unteren Epidermis waren immer gut erhaltene Chromatophoren zu beobachten. Auf Zuckerlösung waren dennoch auch die Zellen mit zerstörten Chromatophoren im Stande Stärke zu bilden, wenn auch weniger

als die Zellen mit erhaltenen Chromatophoren. In den gelben Stellen frisch gepflückter Blätter war nie Stärke; selbst die Schliefszellen enthielten nur wenig. An jüngeren Blättern war, wenn sie 2 Tage auf Zuckerlösung gelegen hatten, reichlich Stärke im Mesophyll gebildet; besonders im Schwammparenchym und den Pallisaden der unteren Epidermis. Verhältnismäfsig viel führten auch die Epidermen, während die obersten Pallisadenschichten nur wenig enthielten. — Der Gerbstoffgehalt war in gleichen Altersstufen für gelbe und grüne Teile fast gleich. Die Epidermen waren nach Verweilen der Blätter in $K_2 Cr_2 O_7$ bis auf einzelne dunkelbraune Zellen leer. Die oberste Pallisadenschicht zeichnete sich durch grofsen Reichtum an Zellen mit dunkelbrauner Fällung aus, während die beiden andern Pallisadenschichten so gut wie leer waren. Im Schwammparenchym traten dann wieder mehr gerbstoffhaltige Zellen auf. Die Pallisaden der unteren Epidermis waren stets leer, ebenso wie die untere Epidermis selbst.

Eine weitere Ausbildung erfährt diese Form der Panaschierung durch eine Varietät, die unter dem Namen „Président Gauthier“ im Handel ist und deren Blätter nicht mehr rein gelbe Ränder und einen scharf abgegrenzten grünen Mittelteil haben, sondern deren gelbe Randteile sowie mehr oder minder breite nach der Blattmitte vorspringende Streifen einen kalkigen Ton annehmen. Es beruht dies darauf, dafs in den nicht grünen Teilen die Chromatophoren der beiden obersten Pallisadenschichten fehlen. Da die Pallisadenzellen aber stets ihre typische Tonnenform behalten, und nie eine Form annehmen, wie wir sie in den subepidermalen Schichten von Ligustrum und Ab. Souvenir de Bonn, kennen lernten und auch bei Evonymus wieder finden werden, so hielt ich mich für berechtigt diese Form, obwohl die Chromatophoren in den obersten Pallisaden wohl von Anfang an fehlen, doch nur für eine Weiterentwicklung der Gelbrand-Panaschierung zu halten.

Ich glaube um so eher dazu berechtigt zu sein, als grade Evonymus eine aufsergewöhnliche Variabilität in seinen Panachüren zeigt. Dieselbe Gelbrandform bringt noch eine zweite, schon oben beschriebene Erweiterung der ursprünglichen Form hervor, nämlich Sprofse mit homogen goldgelben Blättern. — An Dicke geben diese Blätter den grünen nichts nach. Sie messen etwa 370 μ. Auch die Zahl (14) und Verteilung der Schichten ist genau wie bei gesunden Blättern. Chromatophoren traten in

allen Schichten aufser den Epidermen in normaler Gröfse und Struktur auf; die meisten im Pallisadengewebe der oberen und unteren Epidermis; etwas weniger im Schwammparenchym. Stärke wurde am Stamm aufser in den Schliefszellen nicht gebildet. Wie oben erwähnt, können die Blätter ergrünen. Dieser Prozefs beginnt in den unteren Pallisadenschichten und schreitet langsam nach der Oberseite des Blattes fort. Die Chromatophoren der obersten Pallisadenschicht ergrünen fast nie, sie zerfallen vielmehr ebenso wie in den gelben Teilen der Gelbrandform, behalten aber gleichfalls die Fähigkeit auf Zuckerlösung Stärke zu bilden. Selbst in lebhaft ergrünten Blättern (die Färbung überschritt ein ganz helles Gelbgrün nur selten, zeichnete sich dann aber durch auffallende Dunkelheit aus), habe ich nie Stärke beobachtet. Oft sind Basis und Mitte des Blattes ergrünt, die Spitze dagegen ist ausgeblichen. In diesem Falle sind die Chromatophoren auch der obersten Schwammparenchymschichten zerstört, nur die der unteren erhalten. In den ergrünten basalen Teilen sind nur die Chromatophoren der obersten beiden Pallisadenschichten zerfallen. — Der Gerbstoffgehalt nimmt mit dem Ergrünen etwas zu. Das Maximum lag an allen ergrünten Blättern in der obersten Pallisadenschicht; die andern Pallisaden waren fast leer, nur hin und wieder wurde eine braune Zelle angetroffen. Im Schwammparenchym traten viele Zellen mit dunklen Fällungen auf; besonders stark war die Umgebung der Gefäfsbündel gefärbt, was um so mehr auffällt, als bei grünen Blättern und bei randgelben eine solche Anhäufung nicht zu beobachten war. In den Pallisaden der unteren Epidermis war eine hellbraune Fällung fast in allen Zellen zu finden. Beide Epidermen waren gleichmäfsig hellbraun.

Evonymus jap. aureo-maculatus.

Die „centralbunte“ Form von Evonymus hat in ihren grünen Teilen vollständig den Bau gesunder Blätter; die Dicke betrug im Durchschnitt aus einer sehr grofsen Zahl von Messungen für ältere Blätter 385 μ, für jüngere 320, die entsprechenden gelben Teile mafsen 370 μ und 310 μ. Der Unterschied ist also nur äufserst gering. In einzelnen Fällen waren die Differenzen gröfser, in anderen waren gar keine zu verzeichnen. Der einzige sehr oft wiederkehrende Unterschied zwischen gelben und grünen Teilen war, dafs die oberste Pallisadenschicht gelber Teile aus etwas

kürzeren Zellen bestand. Der Uebergang von Gelb zu Grün erfolgte derart, dafs zuerst die Pallisaden der unteren Epidermis, dann die Schwammparenchymzellen und zuletzt die Pallisadenzellen ihre normal grüne Farbe erlangten. — Chromatophoren fand ich nur im Mesophyll und den Schliefszellen. Ihre Struktur war nur an gefärbten Präparaten in allen Teilen, an frischen nur an den dunkler gefärbten der unteren Mesophyllschichten zu erkennen und war ebenso wie die grüner. Auch Gröfsenunterschiede habe ich, nachdem die Stärke aus den grünen Chromatophoren entfernt war, nicht beobachtet. An stärkeleeren gefärbten Präparaten war eine Grenze zwischen gelben und grünen Distrikten nicht zu ziehen. — Um zu wissen, wo am Schnitte grüne und gelbe Partieen seien, machte ich Präparate von Blattstücken, die vorher am Stamm stark assimiliert hatten. An solchen Präparaten erhielt ich Bilder wie Fig. 8. Die Abbildung stellt ein Stück Pallisadengewebe dar, an der Grenze der letzten gelben Zellen. Es geht aus diesem Bilde mit Evidenz hervor, dafs auch bei Evonymus, wie bei Abutilon und wohl allen anderen Pflanzen in einer Zelle immer nur Chromatophoren einer Farbenstufe sind, und dafs am Stamm die Assimilate erst dann in Stärke umgewandelt werden, wenn ein bestimmter Concentrationsgrad des Zellsaftes überschritten ist.

Auf Zuckerlösung war die Stärkebildung in gelben Teilen fast ebenso lebhaft wie in grünen. Nur das Pallisadengewebe zeigte ein auffallendes Minus. Selbst die Epidermen hatten ebensoviel Stärke gebildet wie in grünen Teilen. Es sei erwähnt, dafs auch hier die Stärkekörner stets den Innenwänden der Epidermiszellen anlagen. — Der Gerbstoffgehalt war in verschiedenen Blättern ungleichmäfsig. Die Epidermen allein führten in allen Fällen nur hellgelbe Fällungen, ebenso die Mehrzahl der Mesophyllzellen. In den meisten Fällen traten in der obersten Pallisadenschicht wenige Zellen mit braunem Inhalt auf. Das ganze übrige Mesophyll enthielt nur vereinzelte Zellen mit braunen Fällungen. Im Allgemeinen liefs sich eine Abnahme des Gerbstoffgehaltes nach den gelben Teilen zu feststellen. Nur die Parenchymscheiden der Gefäfsbündel zeigten überall gleichmäfsig starken Gehalt. Nach Behandlung mit Zuckerlösung machte sich in beiden Teilen eine geringe Zunahme der Gerbstoffe bemerkbar. Es traten in allen Teilen mehr Zellen mit dunkelbraunen Fällungen auf. Nur die Epidermen zeigten keine Zunahme.

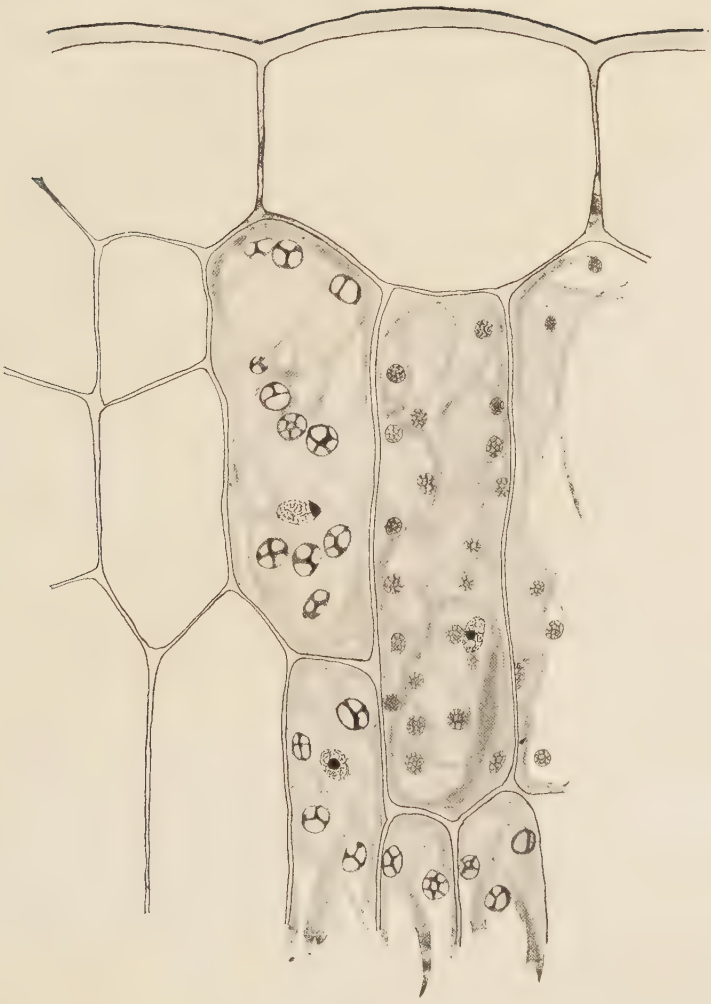


Fig. 8.

Blätter, die im Schatten aufgewachsen und deren gelbe Teile schwach grünlich gefärbt waren, hatten an allen Stellen völlig gleiche Dicke. Der Farbenunterschied gegenüber reingelben centralbunten Blättern rührte daher, daſs die Chromatophoren des Schwammparenchyms grün waren.

Evonymus fol. marmor.

Die kleinen hellen Flecken entstehen bei dieser Form dadurch, daſs einzelne Zellen oder Zellkomplexe der Pallisadenschichten keine Chromatophoren enthalten (Fig. 9). Je nachdem die oberste oder eine tiefer gelegene Pallisadenschicht ihre Chromatophoren verliert, ist das Aussehen der Flecken grau, graugrün oder hellgrün. Die Decke der Blätter wird dadurch in keiner Weise beeinträchtigt. Die Verteilung der Gerbstoffe ist in diesen chromatophorenfreien Zellen ebenso wie in dem umgebenden Gewebe, d. h. sie entspricht den bei gesunden grünen Blättern gefundenen Verhältnissen. Auch diese leeren Zellen waren befähigt, auf Zuckerlösung Stärke zu bilden.

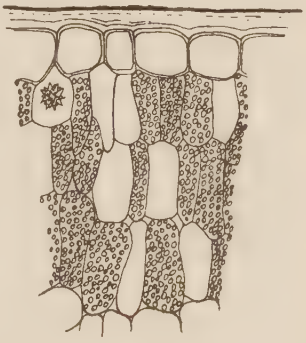


Fig. 9.

Ev. jap. argenteo-marginatus.

In dieser „Varietät“ von Evonymus liegt wieder eine Weiſsrandpanaschierung vor. Auſser durch den rein weiſsen Rand erhält das Blatt durch einspringende mattgrüne bis graue Streifen sein charakteristisches Aussehen. Der Bau der rein grünen Teile stimmt in allen Einzelheiten mit dem gesunder Blätter überein. Bei dem Uebergang von reingrünen zu mattgrünen Teilen, verliert plötzlich die oberste Pallisadenschicht ihre Chromatophoren, der beim Uebergang von mattgrünen zu grauen Gebieten die beiden andern Pallisadenschichten folgen. Diese Uebergänge erfolgen unabhängig von dem Vorhandensein von Gefäſsbündeln. Häufiger findet man Gefäſsbündel als Grenzen zwischen grauen und rein weiſsen Bezirken. Fig. 10 zeigt ein Grenzgebiet zwischen Mattgrün und Weiſs. Die Mesophyllzellen grüner Teile ragen etwas in das weiſse Gebiet hinein, verlieren dann ganz plötzlich alle

Chromatophoren und nur die unterste Pallisadenschicht der unteren Epidermis behält ihre Chromatophoren etwas länger. Mit dem Verschwinden grüner Zellen ist eine bedeutende Verringerung des Blattdurchmessers verbunden. Die grünen resp. hier graugrünen Teile besafsen (Fig. 10) die sehr ansehnliche Dicke von

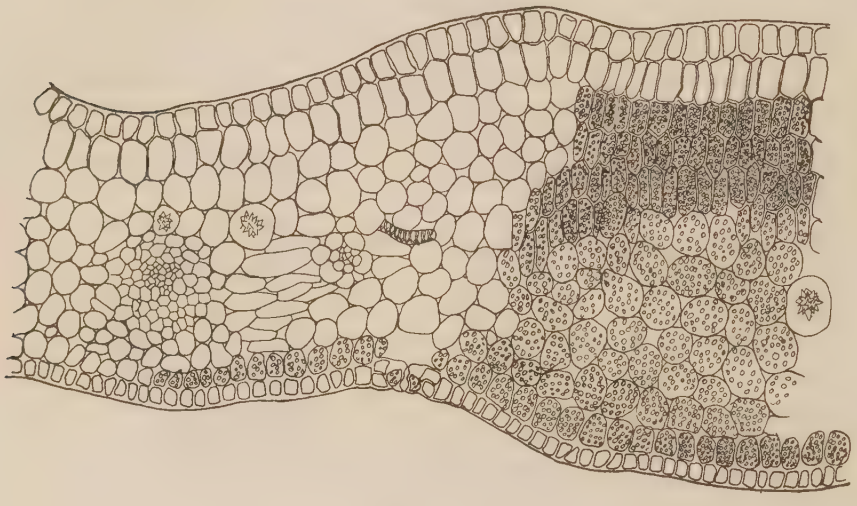


Fig. 10.

410 μ, die weifsen Teile hatten über dem gröfseren Gefäfsbündel nur 235 μ Dicke. In vielen Fällen findet man kurz nach dem Aufhören grüner Zellen eine starke Einschnürung, bei der sich der Durchmesser bis auf 185 μ verringern kann, um erst am äufsersten Rand eine Dicke von 250 μ etwa zu erreichen. Aus Fig. 10 ist zu erkennen, dafs die oberste Pallisadenschicht auch in den ganz weifsen Teilen immer annähernd die Form der grünen Pallisadenzellen beibehält, während die zweite und dritte Schicht sehr bald die charakteristische Tonnenform aufgibt und sich mehr der Form der Schwammparenchymzellen nähert. — Auf Zuckerlösung gelegt, wurde Stärke nur in der untersten Pallisadenschicht der unteren Epidermis gebildet; die Epidermen enthielten aufser in den Schliefszellen nur sehr wenig Stärke. Diesen Tatsachen entspricht die Verteilung von Stärkebildnern an gefärbten Schnitten. Die Pallisadenschicht der unteren Epidermis führte in den Zellen, die schon keine Chromatophoren mehr enthielten, bis zum äufsersten Rande hin einige Leukoplasten. Auch in den

Epidermiszellen liefsen sich wenige nachweisen. — Die Verteilung der Gerbstoffe war: Obere Epidermis in grünen und weifsen Teilen hellbraun. Nur in einem Falle war die Epidermis weifser Teile dunkelbraun, die grüner Bezirke hellbraun. Mesophyll ohne Unterschied im Vorhandensein oder Fehlen von Chromatophoren = gelblich. Untere Epidermis wie die obere. Eine Zunahme der Gerbstoffe nach Behandlung auf Zucker war nur in einem Falle eingetreten, und beschränkte sich dort auf die grünen Bezirke.

Evonymus jap. var. Duc d'Anjou.

Diese wie die folgende Varietät habe ich erst nach Abschlufs meiner Untersuchungen erhalten, und konnte daher nur noch die anatomischen Verhältnisse berücksichtigen. Der Verteilung der bunten Teile nach könnte die Form zu der centralgelben gezählt werden. Es herrschen aber tiefgreifende Unterschiede, die es verbieten. Bei den Blättern der centralgelben Form, die im Schatten aufgewachsen und daher grünliche Mittelteile besassen, beruhte, wie oben gezeigt, die grünliche Färbung auf der beinah normalen Ausbildung der Chromatophoren des Schwammparenchyms. In den Blättern des „Duc d'Anjou" ist das Verhältnis umgekehrt. In den hell-gelbgrünen Teilen, waren die Pallisadenschichten alle, oder an heller gefärbten Teilen nur die obere voll normal grüner Chromatophoren. Die beiden Pallisadenschichten der unteren Epidermis enthielten ebenfalls grüne Chromatophoren. Die 3—4 obersten Schwammparenchymschichten enthielten dagegen deutlich gelbe Chromatophoren, während die der untersten Schwammparenchymschichten farblos waren. Ob ein Ausbleichen der Chromatophoren der oberen Pallisadenschichten eintritt, weifs ich nicht, halte es aber für höchst unwahrscheinlich, da ich an den beiden Stöcken, die mir zu Gebote standen, nur saftig grüne Blätter fand. Stärke war im frischen Blatte in allen Mesophyllschichten, auch denen mit gelben Chromatophoren reichlich vorhanden, und zwar in den gelben Zellen mehr als in den assimilierenden Zellen des Pallisadenparenchyms. Die Decke der Blätter ist in allen Teilen gleich, etwa 320—340 μ.

Evonymus jap. fol. aureo-variegatis.

Diese letzte „Varietät" zeigt in grellem Lichte die aufserordentliche Variabilität von Evonymus; treten doch an dieser einen Art eine grofse Anzahl verschieden panaschierter Blätter auf.

Ich werde im Folgenden nur die 5 Haupttypen behandeln und mich auf die mannigfachen Übergangsformen nicht einlassen. Es zeigen sich:

1. Rein hellgelbe Blätter, die sich aus 13 Schichten aufbauen. (1. Obere Epidermis; 2. (und 3.) Pallisaden; 3. (4.)—10. Schwammgewebe; 11. und 12. Pallisadenähnliche der unteren Epid.; 13. Untere Epidermis.) Die Dicke betrug im Durchschnitt 325 μ. In der Regel kommt in gelben Teilen nur eine Pallisadenschicht vor; wenn zwei auftreten, so ist dies der Beginn eines Überganges zu grünlichgelben Blattteilen. Chromatophoren finden sich aufser in den Epidermen in allen Schichten. Während aber in allen andern Fällen (einzige Ausnahme bisher Ev. jap. Duc d'Anjou) die stärker gefärbten Chromatophoren dem Schwammparenchym angehörten, war hier das Verhältnis umgekehrt. Die oberste, meist einzige Pallisadenschicht enthielt die am stärksten gefärbten und die meisten Chromatophoren. Nach der Mitte des Schwammparenchyms nahm sowohl deren Farbe als auch Menge ab und erst in den pallisadenähnlichen Zellen der unteren Epidermis traten wieder mehr und intensiver gelb gefärbte Chromatophoren auf. An unpräparierten Blättern fand ich aufser in den Schliefszellen keine Stärke. Nach 3tägigem Verweilen auf Zuckerlösung war Stärke aufser in den Epidermen in allen Schichten in grofser Menge gebildet und zwar am meisten in den Pallisaden der unteren und oberen Epidermis; nur etwas weniger in den anderen Mesophyllschichten.

2. Hellgelbe, grüngesprenkelte Blätter. Trotz der Kleinheit der grünen Flecke macht sich stets ein Gröfsenunterschied bemerkbar. Bei gleicher Schichtenzahl (13) mafsen die grünen Teile etwa 360 μ die gelben nur 330—335. Der Unterschied erklärt sich aus dem Umstand, dafs in den grünen Punkten eine zweite Pallisadenschicht auftritt; wenn trotzdem die Zahl der Schichten gleich der in gelben Gebieten bleibt, so hat das seinen Grund darin, dafs eine Schicht der kleinen, mehr in die Länge als in die Höhe ausgedehnten Schammparenchymzellen ausfiel. Die Chromatophorenverteilung war in den gelben Bezirken wie bei der vorigen reingelben Form. In den grünen Flecken enthielten die beiden Pallisadenschichten viel hellgrüne Chromatophoren, das Schwammparenchym meist farblose, manchmal in den oberen Schichten schwachgelbe. Die Pallisaden der unteren Epidermis

waren bezüglich des Chromatophorengehaltes denen der oberen Epidermis ganz gleich. Die Epidermen waren leer. Stärke fand ich an frischen Schnitten wenig. Doch sind die Befunde nicht maſsgebend, da die Blätter untersucht wurden, als die Pflanzen den Eisenbahntransport wohl noch nicht ganz überwunden hatten. Auf Zucker dagegen bildeten alle Zellen Stärke, selbst die Epidermen.

3. Rein grüngelbe Blätter. Sie bauen sich wie die vorigen aus 13—14 Schichten auf und messen etwa 330 μ. Ihre Farbe verdanken sie den hellgrünen Chromatophoren der beiden Pallisadenschichten und der pallisadenähnlichen der unteren Epidermis. In den Zellen des übrigen Mesophylls lagen wenige blaſsgelbe bis farblose Chromatophoren. Auf Zuckerlösung bildeten alle Schichten, auſser den Epidermen, die nur wenige Körnchen zeigten, viel Stärke.

4. Hellgrüne Blätter mit dunklen Flecken und Streifen. Die so gezeichneten Blätter bauen sich bei einer mittleren Dicke von 350 μ aus 13—14 Schichten auf. (1. Obere Epid.; 2—4 Pallis.; 5—11 Schwammp.; 12 u. 13. Pallis. d. unteren Eip.; 14. Untere Epiderm.). Der Unterschied in der Farbe rührt daher, daſs in den dunkler grünen Teilen beide oder alle drei Pallisadenschichten grüne normale Chromatophoren haben, während in den hellgrünen Distrikten entweder die beiden unteren grüne Chromatophoren, die oberste hellgelbe enthält, oder die oberste Schicht grüne und die beiden anderen gelbe Chromatophoren besitzen. Das untere Mesophyll enthält meist hellgelbe Chromoplasten, doch kommen auch Fälle vor, wo mitten im Mesophyll plötzlich langausgedehnte Zellkomplexe grün, alle anderen Gewebe aber, einschlieſslich der darüber liegenden Pallisaden, gelb gefärbt sind. Diese Anordnung der grünen Zellen bedingt die mattgrünen Streifen im hellgrünen Blattgrund. Die unteren pallisadenähnlichen Schichten enthalten stets grüne Chromatophoren, nur in Teilen, wo im Schwammparenchym die erwähnten grünen Zellreihen auftreten, führen auch sie gleich allen anderen Geweben hellgelbe Chromoplasten. Endlich sei erwähnt, daſs häufig inmitten rein gelber Gewebe Zellen mit normal grünen Chromatophoren auftreten. — Man sieht die Unregelmässigkeit in der Anordnung grüner und gelber Elemente ist bei dieser Varietät auf die Spitze getrieben. Sogar die in allen anderen Fällen constant auftretende Erscheinung, daſs von gelben zu grünen Teilen ein allmählicher Übergang stattfindet, erleidet hier eine Ausnahme! — Auf Zuckerlösung wurde in allen Teilen viel

Stärke gebildet; durch geringen Gehalt fielen nur die gelben Pallisadenzellen der obersten Schicht auf, die über grünen Zellen lagen.

5. Dunkelgrüne Blätter mit breiten weifsen Randteilen. Ich bin geneigt, diese Form für eine zweite Weifsrandpanaschierung zu halten; denn erstens trat an den beiden Sträuchern der Varietät Ev. jap. fol. aureo-var. nur ein Ast auf, der Blätter genannter Art trug, zweitens aber weicht diese Form vollkommen von den bisher beschriebenen 4 Typen von bunten Blättern ab, ähnelt vielmehr in überraschender Weise der echten Weifsrandpanaschierung von Ev. jap. fol. arg.-marg. Der einzige äufserlich sichtbare Unterschied ist, dafs die weifsen Teile nicht den ganzen Blattrand umsäumen, sondern nur eine Seite in der beträchtlichen Breite von 5—6 mm einnehmen.

Der grüne Teil besteht aus 13 Schichten. (1. Obere Epid.; 2., 3., 4. Pallis.; 5.—11. Schwammpar.; 12. Untere Pallis.; 13. Untere Epid.) und ist etwa 350 μ dick. Die Epidermen enthalten wenig oder gar keine Chloroplasten. Die oberste Pallisadenschicht war stets leer, die beiden andern voll normaler grüner Chromatophoren. Das Schwammparenchym weist eine weitere interessante Abweichung von dem Bau der Varietas fol. arg. margin. auf. Während dort alle Zellen des Schwammparenchyms voll grüner Chromatophoren waren, treten hier in bunter Reihe und voller Regellosigkeit ganz grüne und farblose Zellen nebeneinander auf. An den Übergängen zu graugrünen Teilen, verschwinden plötzlich die Chromatophoren der zweiten und dritten Pallisadenschicht und nur das Schwammparenchym bleibt, wie es war. Bei dem Übergang zu ganz weifsem Gewebe, schliefsen sich vorher einige grüne Zellen, nicht durch farblose unterbrochen, zusammen und bilden einen Keil, dessen Spitze in der Mitte des Schwammparenchyms geschlossen in das weifse Gewebe vorspringt. Gleichzeitig verlieren die pallisadenähnlichen Zellen der unteren Epidermis ihre Chromatophoren. Wie bei der Weifsrandform, so ist auch hier eine beträchtliche Abnahme der Dicke zu bemerken. Die weifsen Teile messen nur noch etwa 210 μ. Stärke fand ich an frischen Schnitten in allen grünen Zellen, also auch den Schliefszellen in weifsen Teilen. Auf Zucker wurde in den weifsen Teilen nur sehr selten ein vereinzeltes Korn beobachtet. Vollständig leer waren aber auch sie nicht. — Auffallend war in den grauen Teilen der Reichtum der obersten, weifsen Pallisadenschicht an Kalkoxalatkrystallen.

Zieht man das Facit aus den vorliegenden Untersuchungen so zeigen sich wohl geringfügige Unterschiede zwischen gelben, grünen und weifsen Blatteilen, sei es im Gehalt an Gerbstoffen, vor und nach der Behandlung auf Zuckerlösungen, im Bildungsvermögen von Stärke, in der Dicke, dem Bau u. s. w. Betrachtet man aber die gewonnenen Daten vom Gesichtspunkt der Unterscheidung infectiöser und nicht infectiöser Panaschierungen einerseits und der Unterscheidung der vielen nicht infectiösen Panaschierungen andrerseits, so ist das Ergebnis durchaus negativ. Es läfst sich auf Grund der von mir angestellten Versuche nicht ein einziges constant auftretendes Unterscheidungsmerkmal finden. Weder treten bei den infectiösen Chlorosen Erscheinungen auf, die ihnen allen gemeinsam wären, und einen Gegensatz zu den nicht infectiösen darstellten, noch treten durchgreifende Unterschiede zwischen den infectiösen und nicht infectiösen Panaschierungen einer Spezies auf.

Wenn man es, was höchst wahrscheinlich ist, in dem einen Trieb der Varietät Evonymus jap. fol. aureo varieg., der dunkelgrüne und weifsgezeichnete Blätter trug, mit einer spontan aufgetretenen Mutation zu tun hat, die in keiner causalen Beziehung zu der anderen an dem Strauche herrschenden Panaschierung steht, so liefse sich vielleicht eine Gruppe nicht infectiöser Panaschierungen von dem Gros der anderen abtrennen; eben die „typische Weifsrandpanaschierung“ (Pantanelli's intensive Panachüre); d. h. diejenige, bei der die am ausgewachsenen Blatte farblosen Teile das Fehlen der Farbe nicht einem späteren Ausbleichen irgend welcher Chromoplasten zu danken haben, sondern dem Fehlen jeglicher Farbstoffträger vom Augenblick ihrer Entstehung an. Charakterisiert würde diese Form ferner durch den unvermittelten Übergang von Zellen voll normaler Chromatophoren zu solchen die gar keine enthalten. Aber selbst hier ist eine scharfe Trennung nicht statthaft, solange entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nicht dargetan haben, wodurch in den Zellen des Pallisadengewebes von Ev. jap. fol. marmor. und den Schwammparenchymzellen der zweiten Weifsrandform von Ev. japonicus die Farblosigkeit bedingt wird. Da ferner, wie die pag. 43 (No. 4) beschriebene Varietät von Evonymus jap. fol. aureo-varieg. zeigt, rein grüne Zellen unmittelbar neben rein gelben liegen können, ohne durch Übergänge verbunden zu sein, so ist auch der plötzliche Übergang von Geweben einer

Farbe zu anders gefärbten kein als Kriterium zwischen den Panaschierungsformen zu verwendendes Merkmal.

Über das Wesen der Krankheit haben die Untersuchungen keine Klarheit geschaffen. Für die Unterscheidung der infectiösen Chlorosen von nicht infectiösen, würde, falls spätere Untersuchungen nicht doch die Ansteckungsmöglichkeit aller Panaschierungen dartun, jedenfalls ein anderer Weg als der von mir betretene einzuschlagen sein.

II. Farbstoffanalytische Untersuchungen.

Methode der Herstellung von Lösungen und Chromatogrammen.

Zur Untersuchung der Blattfarbstoffe benutzte ich die von Tswett eingeführte Adsorptionsmethode[1]). Da ich in allen wesentlichen Punkten dem von Tswett eingeschlagenen Wege folgte, so brauche ich auf die Beschreibung seines Verfahrens nicht näher einzugehen und kann mich auf die Schilderung der von mir befolgten Methode beschränken. Ich werde, wo ich von Tswett's Vorschrift abgehe, dies betonen und begründen. Das Verfahren ist Folgendes:

Ich stellte aus den gewaschenen und an der Luft abgetrockneten, dann mit sehr sorgfältig gereinigtem und fein gesiebtem Sand unter Zusatz von Ca CO_3 (zur Neutralisierung der Pflanzensäuren) sehr fein zerriebenen frischen Blättern mit Alkohol abs. eine Rohchlorophylllösung her. (Ich verwandte nur Alk. abs., um möglichst alle H_2O lösliche Substanzen in dem Extract zu vermeiden). Das zerriebene Material wurde so oft mit kaltem Alkohol beschickt, bis dieser farblos blieb. Die klar abfiltrierte Lösung wurde mit ungefähr dem gleichen Volumen CS_2 versetzt und dann vorsichtig soviel H_2O zugegeben, dafs der überstehende, stark wässrige Alkohol eben noch klar blieb. Dann wurde dieser abgegossen und erneut mit Schwefelkohlenstoff beschickt. Gab der wässrige Alkohol keine Farbstoffe mehr an den CS_2 ab, so wurde kräftig geschüttelt, um eine innige Mengung beider Flüssigkeiten zu erreichen. Nach kurzer Zeit hatte sich der CS_2 zu

[1]) M. Tswett. Ber. d. d. bot. Ges. XXIV. 1906.

Boden gesetzt. Dies Verfahren wurde mit neuen Mengen CS_2 fortgesetzt, bis kein Farbstoff mehr an diesen abgegeben wurde. Dann wurde noch einmal CS_2 zugesetzt, stark geschüttelt und nun die ganze Masse mit etwa dem doppelten Volumen H_2O versetzt, sodafs eine gleichmäfsig milchige Flüssigkeit resultierte. Der CS_2 setzte sich hiernach erst spät und nicht klar, sondern in Form einer dichten Emulsion. Dies beeinträchtigt aber den Fortgang der Untersuchung nicht, da durch Filtration durch einen festen kleinen Wattebausch die CS_2lösung völlig klar erhalten werden kann. Tswett gibt in seiner ersten Veröffentlichung über die Adsorptionsmethode die Bereitung einer zur Chromatographie fertigen Lösung aus Alkohol und Ueberführung in CS_2, C_6H_6 oder Petrolaether an, will aber das Durchschütteln vermieden wissen, eben wegen der entstehenden Emulsion. Ich glaube gezeigt zu haben, dafs bei meinem Vorgehen ein Nachteil aus dem Auftreten der Emulsion nicht erwächst.

Zur Kontrolle, ob in dem nur sehr wenig Alkohol enthaltenden Wasser, das über der letzten Emulsion stehen blieb und durch Suspendierung feinster CS_2teilchen milchig getrübt war, noch Farbstoffe enthalten wären, habe ich dies Gemisch so lange durch kleine Wattefilter gesaugt, bis die Lösung klar war. In den meisten Fällen war sie schwach grünlich gefärbt, zeigte aber keine Fluoreszenz und auch bei einer Schichtenhöhe von 150 mm im Sorby-Browningschen Mikrospektralapparat keins von den bekannten 7 Bändern einer Rohchlorophylllösung. Es konnten also in diesem Rückstand nur so äufserst geringe Mengen von Farbstoffen vorhanden sein, dafs sie füglich unberücksichtigt bleiben konnten; die färbenden Substanzen dieser Lösung mufsten folglich einer anderen Gruppe von Koerpern angehören als die grünen Chromatophorenfarbstoffe.

Das CS_2extract, das alle Farbstoffe gelöst enthielt, wurde, um es von geringen Mengen Alkohol, der im CS_2 gelöst sein konnten, zu reinigen, mehrmals gründlich mit destilliertem H_2O gewaschen.

Ich habe für die Chromatographie als Lösungsmittel CS_2 benutzt, weil die gelben Farbstoffe mit einziger Ausnahme des ξ β, das hellgelb ist, in CS_2 eine tieforangerote Farbe annehmen, während sie in Benzol und Petrolaether hellgelb aussehen, in letzeren also auch leichter in gröfseren Mengen übersehen werden könnten als

in CS_2. Nun gibt Tswett ferner an,[1]) man könne die zerriebene Blattmasse direkt mit CS_2 extrahieren und setzt hinzu: „Alle Farbstoffe werden aufgenommen.“ [2]) Das ist richtig. CS_2 löst qualitativ alle Farbstoffe, aber da die Blätter frisch zerrieben waren, mithin in dem Brei viel H_2O enthalten war, nicht auch allen Farbstoff quantitativ. Aufserdem ist es darnach unwahrscheinlich, dafs alle Farbstoffe in den Mengenverhältnissen gelöst werden, in denen sie im Blatt auftreten.

Für meine Zwecke war es nun gerade sehr wichtig, alles, was die Blätter an Farbstoffen enthielten, quantitativ zu vergleichen. Darum habe ich auch das längst bekannte Verfahren, die Farbstoffe aus Alkohol in CS_2 überzuführen so ausführlich beschrieben, um zu zeigen, dafs die CS_2 Lösung, mit der ich weiter arbeitete, alle Farbstoffe überhaupt, also auch in den im lebenden Blatte herrschenden Mengenverhältnissen enthielt.

Die so gewonnene gemischte Lösung wurde genau nach Tswett's Vorschrift durch einen Glasrohrtrichter von 15 mm innerer Seelenweite und 100 mm Länge,[3]) in dem getrocknetes, chemisch reines, gefälltes $CaCO_3$ (Adsorbator) zu einer sehr festen Säule von etwa 50 mm Höhe (die Höhe wechselte je nach Menge und Conzentration der zu filtrierenden Lösung) gestampft war, unter dem vollen negativen Druck einer Wasserstrahlluftpumpe, filtriert. Hierbei schlagen sich die verschiedenen Farbstoffe mit einziger Ausnahme des Carotins, das glatt durchläuft, physikalisch an den $CaCO_3$ Teilchen nieder. Ich lasse hier die Beschreibung Tswett's allerdings ohne die eingehende physikalische Begründung folgen: [4])

„Aus dem vorher Gesagten (den physikalischen Erwägungen) [5]) folgt: Wird eine gemischte Lösung (z. B. Chlorophyllösung in

---

[1]) l. c. pag. 138.

[2]) l. c. p. 388.

[3]) Ts. gibt für die Rohrtrichter andre Masse an. Die von ihm verwandten waren kürzer und breiter. Obwohl durch die gröfsere Höhe des Adsorbators leicht Unregelmäfsigkeiten in der Ausbildung der Zonen des Chromatogrammes entstehen, habe ich mich doch für die von mir gewählten Mafse entschieden, weil es für mich, wie ich nachher zeigen werde, auf Messungen ankam, und die Fehler naturgemäfs kleiner wurden, je länger jede einzelne und damit die Summe der Zonen wurde.

[4]) l. c. p. 385.

[5]) Anm. d. Verf.

CS_2) durch eine Säule eines Adsorbators filtriert, so werden die Farbstoffe adsorptionsweise niedergeschlagen, verjagen sich aber gegenseitig und ordnen sich der Adsorptionsreihe gemäfs in der Richtung des Stromes. Stoffe, welche mit dem Lösungsmittel keine undissozierbaren Adsorptionsverbindungen eingehen, wandern mehr oder weniger schnell durch die Säule ab. Nachträgliche Filtrierung des reinen Lösungsmittels wird begreiflicherweise die Trennung der Stoffe noch vollständiger machen. Es kann aber gedacht werden, dafs zwei Stoffe in einem Lösungsmittel den gleichen Adsorptionsrang behaupten. Relative Conzentrationsdifferenzen der beiden Stoffe würden aber gewifs die Bildung einer einheitlichen gemischten Zone nicht gestatten. Auch läfst sich die Aequipotenz zweier Stoffe in verschiedenen Lösungsmitteln kaum vorstellen."

Das Resultat dieser Filtration sind also $Ca\,CO_3$-Zylinder, die die verschiedenen Farbstoffe in den Adsorptionszonen übereinander aufweisen, wie es Fig. 11 zeigt, während das Carotin in der Saugflasche selbst oder einer Vorlage aufgefangen ist.

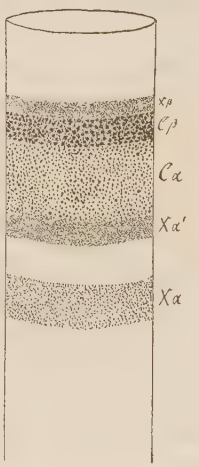


Fig. 11.
Chromatogramm
n. Tswett.

Auf eine Kritik der Methode, sofern sie zur Reindarstellung der Pflanzenfarbstoffe geeignet sein soll, kann ich mich nicht einlassen, weil die „Chlorophyllforschung" ein anerkannt schwieriges Gebiet ist und gröfsere Erfahrung fordert, als ich sie mir im Laufe meiner Untersuchungen angeeignet zu haben mir anmafsen kann. Zweitens aber ist es für meine Untersuchungen völlig gegenstandslos, welche Farbstoffe ich vor mir habe; es kommt mir lediglich darauf, die Summe aller Farbstoffe in einer Form zu erhalten, die eine Vergleichung ihrer relativen Mengen ermöglicht. Und dazu befähigt die Adsorptionsmethode in hohem Grade. Für mich kommt es, wie gesagt nur darauf an, die Farbstoffe in übersichtlicher Anordnung zu erhalten, und in einer Form, die es ermöglicht, die Identität zweier Farbstoffe, die an verschiedenen Chromatogrammen auftraten festzustellen. Ich werde also die Bezeichnungen, die Tswett für die Zone seiner Chromatogramme angegeben hat, beibehalten. Nur auf einen Punkt möchte ich hinweisen.

Tswett bildet über der Zone C α (Fig. 11) eine ziemlich breite Zone C β ab. In der Beschreibung sagt er,[1]) diese Zone C β, herrührend von Chlorophyllin β, sei dunkelolivgrün, behauptet weiter, das Spectrum des diese Zone beherrschenden Farbstoffes sei besonders charakterisiert durch ein Absorptionsband von der Lage (in Alkohol) $\lambda = 475-460$, und betont, dafs die Breite der Adsorptionszone im Chromatogramm gegen die auch von Marchlewsky-Schunck vertretene Ansicht, Chlorophyllin β sei nur in verschwindender Menge im Blatt enthalten, beweisend sei. Ich kann hier den zwischen Tswett und Marchlewsky über die Chlorophyllin β-Frage bestehende Meinungsunterschied[2]) nicht entscheiden; kann mich aber der Ansicht von Tswett nicht anschliefsen, glaube vielmehr, dafs wir es in der Zone C β nicht mit einem einheitlichen Farbstoffe sondern mit zwei übereinandergelagerten zu tun haben. Dafür spricht der Umstand, dafs, wenn man das aus CS_2 erhaltene Chromatogramm mit C_6H_6 durchspült, die Zone C β nach einiger Zeit in ihren oberen Teilen rein grün wird, während der untere Teil in hellolivgrün umschlägt. Nun war diese Zone aus der CS_2-Strome dunkelolivgrün abgeschieden. Stellen wir uns vor, die Zone C β sei zusammengesetzt aus reinem Grün + Orange, und ziehen wir weiter in Betracht, dafs die Xanthophylle der Gruppe α (Tswett) in CS_2 tieforange, in C_6H_6 dagegen gelb sind, so ergibt sich aus diesem Farbenumschlag des Xanthophylls von selbst die Aenderung in der Farbe der Combination Chlorophyllin + Xanthophyll (α). Aufserdem tritt am unteren Rande von C α, da, wo es an X α' grenzt, im CS_2-Strom dieselbe olivgrüne Farbe auf, die erst verschwindet, wenn man das Chromatogramm weiter mit CS_2 oder einem anderen Lösungsmittel auseinanderzieht, weil dann das X α' weiter abwärts wandert, während C α auf seiner Stelle bleibt. Ich werde in Zukunft bei der Beschreibung der Chromatogramme, wo es überhaupt möglich ist, mich streng an die von Tswett gegebenen Bezeichnungen halten, und nur die Zone, die Tswett C β nennt, mit den Buchstaben C X bezeichnen, wobei ich es dahingestellt sein lasse, sowohl ob der Körper C = C α (Tswett) sei, als auch welcher Art der Farbstoff X (unbestimmtes Xanthophyll α) sei.

---

[1]) l. c. p. 389.

[2]) Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XXIV u. XXV. 1906 u. 1907.

Vergleichungsmethode der Chromatogramme und Carotinlösungen.

Die Hoffnung Tswett's die chromatographische Methode zu einer chromatometrischen zu potenzieren, wird, wie er selbst sagt, kaum in Erfüllung gehen. Absolute Zahlenwerte für die Mengen der einzelnen Farbstoffe werden sich aus verschiedenen Gründen nicht angeben lassen. Aber relative Zahlen kann man finden.

Geht man nämlich von der unstreitig berechtigten Annahme aus, dafs gleiche Gewichtsmengen von unter gleichen äufsern Bedingungen aufgewachsenen, annähernd gleich alten Blättern einer Species, sehr annähernd gleiche Farbstoffmengen enthalten, so ergibt sich völlig ungezwungen der von mir eingeschlagene Weg. Ich verfuhr folgendermafsen: Ich stellte auf die oben geschilderte Weise eine Lösung der Farbstoffe aus 5 g gesunder grüner Blätter in möglichst frischem Zustande her. Die erhaltene CS_2-Lösung wurde in 5 gleiche Gewichtsteile geteilt, und von 3 Teilen wurden Chromatogramme hergestellt, die, nahm der Versuch den normalen Verlauf, gleich ausfielen. Nach der endgültigen Differenzierung der Zonen im CS_2-Strom, und nach völliger Entfernung des Carotins aus dem $CaCO_3$-Cylinder, wurde der Trichter auf eine Mefsbank gelegt und die Länge der Zonen in $^1/_2$ Millimetern notiert. Danach wurde das Chromatogramm mit C_6H_6 durchgespült, was eine weitere Differenzierung zur Folge hatte. Es wanderten nämlich die Säurederivate der Chlorophylline (S. D.) schnell, X α langsamer ab und X α' teilte sich in X α' und X α''; aufserdem traten die erwähnten Verschiebungen in den Chlorophyllinzonen ein. Nach völliger Entfernung der Säurederivate wurde wieder gemessen und danach, um die Identität mit den von Tswett beschriebenen Farbstoffe nachzuweisen, die $CaCO_3$säule aus dem Trichter herausgeschoben, mit dem Skalpell zerteilt und die Farbstoffe nach Reinigung (G. Kraus' Methode) spectroskopisch untersucht.

Die beiden übrigen Teile der CS_2-Lösung wurden zur quantitativen Trennung des Carotins benutzt. Hierzu bediente ich mich eines anderen Verfahrens als Herr Tswett, dessen Methode ich erst später kennen lernte, als er sie in der Juni-Sitzung der deutsch. bot. Ges. demonstrierte. Während Herr Tswett das ganze Extract mit $CaCO_3$ durchschüttelte, wobei alle anderen Farbstoffe vom Marmor adsorbiert wurden, stellte ich in dem bekannten Röhrentrichter eine 10—15 mm hohe Säule aus $MgCO_3$ her und filtrierte

wie oben. Wegen der Dichtigkeit des Adsorbators ging die Filtration bedeutend langsamer von statten als bei Anwendung von $CaCO_3$; aus demselben Grunde wurden die Farbstoffe zwar in derselben Reihenfolge wie sonst, aber in verschwindend schmalen Zonen niedergeschlagen, während das Carotin auch hier glatt durchlief. Durch Nachspülen mit reinem CS_2 wurde dann das Carotin quantitativ in der Saugflasche erhalten. Zur Kontrolle, ob das Carotin vollkommen rein wäre, wurde die ganze Menge der Lösung in einem Reagensglas in den Tubus eines Seybert'schen Mikroskopes gestellt und mit einem Sorby-Browningschen Mikrospectral-apparat untersucht. Zeigten sich hierbei keine Spuren des Bandes I des Chlorophyllspectrums, so war die Lösung rein; denn die nächste Adsorptionszone, die mit in die Carotinlösung hätte gelangen können, wären die Säurederivate von $C\alpha$ gewesen, und gerade diese zeigen bekanntlich die ersten Bänder des Spectrums in brillanter Schärfe, selbst bei starker Verdünnung.

In der gleichen Weise wurde mit den gelben Teilen der panaschierten Blätter verfahren, von denen, soweit die gelben Teile als Blattumrandung oder centrale Flecken (Evonymus) auftraten, die grünen Teile mit der Schere entfernt wurden. War die Verteilung der gelben Flecke nicht streng lokalisiert, sondern über die ganze Spreite verteilt (Abutilon), so wurden Blätter ausgesucht, die möglichst wenig grüne oder grünliche Teile enthielten, und diese dann mit dem Korklocher ausgestochen. Die Versuche wurden in genau derselben Weise durchgeführt, wie bei den grünen Blättern, und die Chromatogramme, falls die von grünen (am selben Tage angefertigten) noch vorhanden waren, direkt, sonst an der Hand von Skizzen und Tabellen verglichen.

Die Vergleichung des Carotingehaltes wurde in der Weise ausgeführt, dafs die erhaltenen reinen Lösungen auf das gleiche Volumen (für 1 g Blattsubstanz 20 ccm) reduziert und die Intensität der Färbung in Gläsern von gleicher Dicke beobachtet wurde. Wenn eine Einengung nötig war, so wurde die Carotinlösung in der Saugflasche auf ein grofses Wasserbad, dessen Wasser vorher auf höchstens 25° C erwärmt war, gestellt und die Saugflasche an eine Wasserstrahlluftpumpe angeschlossen. Zeigten sich Unterschiede in der Farbe der Carotinlösungen, die aus verschiedenerlei Blättern gewonnen waren, so wurde die konzentriertere verdünnt, bis sie denselben Konzentrationsgrad erreicht hatte, wie die schwächere

und aus der Menge des zugesetzten Lösungsmittel das relative Konzentrationsverhältnis der ursprünglichen Lösungen berechnet. So roh dies Verfahren ist, so ist es doch für den vorliegenden Zweck, da es sich meist um Feststellung sehr auffallender Unterschiede handelt, genau genug. Die Methode, die auf gleiche Volumina reduzierten Lösungen vor dem Spectroskop zu untersuchen und aus der Progression der Endabsorption gegen das rote Ende hin vergleichbare Zahlen zu berechnen, fand ich nicht geeignet, zumal absolut objektive Resultate nur bei Verwendung der photographischen Platte zu erhalten gewesen wären.

Ich brauche kaum zu sagen, dafs die Präparation der Farbstofflösungen bis zur Überführung in CS_2 so schnell wie möglich und in einer Dunkelkammer vorgenommen wurden. Die Filtration ging unter einem Abzuge vor sich, der ca. 4 m von einem nicht grofsen Fenster entfernt, und dessen dem Fenster zugekehrte Seite mit dickem, braunen Packpapier bespannt war.

Ergebnisse der Farbstoff-Analysen.

Die Chromatogramme, die auf die oben beschriebene Weise hergestellt waren, zeigten eine weitgehende Übereinstimmung mit dem von Tswett gegebenen Schema, insofern die Reihenfolge der gleichfarbigen Zonen stets dieselbe war. Die oberste Schicht wurde von farblosen Körpern eingenommen: (die Ausnahme von Ptelea siehe unten) die erste farbige Zone war die in allen Lösungsmitteln hellgelbe des Xanthophylls β (Xβ); danach folgte die Schicht Xantophyll + Chlorophyllin (XC); darunter die von Chlorophyllin α (Cα) eingenommene Zone; und schliefslich die Bänder der Xantophylle α, nämlich X$\acute{a}$ direkt unter Cα und durch eine weifse Zone von X$\acute{a}$ getrennt Xα. Säurederivate traten nicht immer auf. Häufig waren sie in Fällen, wo sie reichlich auftraten, in 2 Bänder geteilt.[1])

Die Chromatogramme von gelben Teilen infectiös und nicht infectiös chlorotischer Blätter zeigten dieselben Bänder. Dafs es sich bei beiden um dieselben Farbstoffe handelte, wie bei den Chromatogrammen aus grünen Blättern, geht aus folgenden Tatsachen hervor:

[1]) cf. Tswett: Ber. d. d. bot. Ges. 1907. Bd. XXV. p. 146.

1. Die ihrer Lage nach den Zonen an Chromatogrammen aus grünen Blättern entsprechenden Bänder zeigen in den verschiedenenen Lösungsmitteln auch entsprechendes Verhalten; nämlich
   a. Die unter dem untersten grünen Bande befindliche im CS_2 Strome orangerote Zone teilt sich beim Auseinanderziehen im C_6H_6 Strome in zwei Ringe.
   b. Es tritt bei den im CS_2 Strome orangerot gefärbten Zonen beim Durchsaugen von Petrolaether oder Benzol derselbe Farbenumschlag in Hellgelb ein, wie bei den Körpern der Xanthophyll-α Gruppe aus grünen Blättern.
2. Die aus Chromatogrammen von gelben Blättern isolirten Farbstoffe zeigen das gleiche spectroskopische Verhalten wie die aus grünen Blättern gewonnenen.

Ich habe aus grünen, nicht infectiös und infectiös chlorotischen Blättern die Körper der Xanthophyll-α Gruppe und das Carotin untersucht und erhielt folgende Lagen der Absorptionsbänder in allen drei Fällen.[1]) Für Xanthophyll α:

Lösungsmittel	Bd. I.	Bd. II.	Bd. III.
CS_2	λ 520—495	482—463	448—437
C_6H_6	λ 504—481	471—454	—
Alkohol	λ 490—470	455—435	—
Petrol-Aether-Alkohol	λ 486—463	453—433	—
Stärke der Bänder II > I > III.			

[1]) Die Untersuchungen werden mit einem grofsen Spectroskop der Firma Merz-München ausgeführt. Vor jeder Untersuchung wurde für Beobachtungen im roten Teil des Spectrums auf Na α, für solche im blauen Teil auf Tl α eingestellt. Als Lichtquelle diente eine Auer-Glühlicht-Lampe deren Licht durch eine Sammellinse auf den Kollimatorspalt geworfen wurde. Für Untersuchungen in der blauvioletten Hälfte des Spectrums wurde ferner vor das Gefäfs, dafs die zu untersuchende Lösung enthielt, ein Trog mit Kupferoxyd-Ammoniak gestellt. Das Licht der Skala wurde durch ein vorgestelltes Gefäfs mit $K_2Cr_2O_7$-lösung gedämpft.

Nach Tswett liegen die Bänder von Xα in Alkohol oder Petrolaether-Alkohol bei 485—470 und 455—440. Die Unterschiede erklären sich vielleicht daraus, dafs Tswett seine Messungen mit dem Sorby-Browningschen Mikrospectralapparat ausgeführt hat, der bei geringer Dispersion die Bänder in aufserordentlicher Schärfe zeigt, während der von mir benutzte grofse Spectral-Apparat, zwar eine starke Dispersion hat, aber die Bänder weniger scharf begrenzt.

Die Lage der Absorptionsbänder für Xα' und Xα'' sind:

Lösungsmittel	Bd. I.	Bd. II.
C_6 H_6	λ 497—479	465—447
Alkohol	λ 488—467	457—442 (?)
Petrol-Aether-Alkohol	λ 475—460	450—435

Tswett gibt die Lage dieser Bänder nicht nach Wellenlängen an, sondern sagt nur, dafs sie gegen Xα etwas nach dem violetten Ende des Spectrums hin verschoben seien.

Für Carotin habe ich trotz der Übereinstimmung im Nichtabsorbiert werden durch Ca CO_3, der Umfärbung in verschiedenen Lösungsmitteln (in CS_2 ist die Farbe rosa-ziegelrot, in C_6 H_6, Alkohol und Petrolaether-Alkohol gelb), und den bekannten chemischen Reactionen mit conzentrierter H_2 SO_4, Daten, die die Identität zur Genüge bewiesen, doch auch die spectroskopische Untersuchung vorgenommen und fand in CS_2: Band I bei λ 530—507; Bd. II 493—467; Bd. III 456—443. Nach Tswett's Angaben sollen die Bänder liegen bei λ 525—510; 490—472; 460—455. Trotz vielfacher genauer Beobachtungen habe ich die Lage des Bandes III nie dort finden können, wo Tswett sie angibt.

In allen gelben Blättern und Blattteilen waren, wie aus den Abbildungen am Schlusse erhellt, grüne Farbstoffe vorhanden, jedoch zum Teil in so geringen Mengen, dafs eine Isolierung nur sehr schwer durchführbar gewesen wäre, zumal die Grenze zwischen den aufeinander folgenden Zonen im Innern des Ca CO_3-Zylinders nicht horizontal sondern in flach nach unten

Fig. 12.

gewölbter Form verlief (Fig. 12). Da sich aber im Absorbator die grünen Farbstoffe infectiös und nicht infectiös chlorotischer Blätter bezüglich ihrer Lagerung übereinstimmend und ebenso wie die gesunder Blätter verhielten, so war damit entschieden:

1. Dafs in ganz gelben-weifsgelben Blattteilen überhaupt grüne Farbstoffe auftreten; die nicht grünen Teile also auch assimilationsfähig sind.
2. Dafs weder in infectiös noch in nicht infectiös panaschierten Blättern irgend welche in grünen Blättern nicht vorhandenen Farbstoffe neu auftreten, ferner dafs keines der im grünen Blatte existierenden Pigmente in Blättern, die überhaupt Chromoplasten besitzen, völlig fehlt.

Nachdem ich über diese beiden Hauptfragen Aufschlufs erlangt hatte, stellte ich mir die weiteren Fragen:

1. Tritt in intensiv gelben Blättern und Blattteilen eine Vermehrung gelber Farbstoffe ein gegenüber grünen Blättern; vielleicht auf Kosten der grünen Pigmente? oder bleibt die Menge die gleiche wie bei grünen? oder nehmen auch gelbe Farbstoffe an Menge ab?
2. Nehmen alle Farbstoffe im gleichen Verhältnis ab?
3. Wenn der Verlust an Menge nicht bei allen Farbstoffen in demselben Verhältnis eintritt, bestehen dann Beziehungen zwischen der Abnahme bei einigen Stoffen?

Diese Fragen konnten nur an der Hand ganz genauer Messungen und Vergleiche an äufserst sorgfältig hergestellten Chromatogrammen vorgenommen werden. Erschwert wurden sie allerdings dadurch, dafs zwischen Mafsstab und dem zu messenden Objekt eine Schicht von etwa 1 mm Glas war. Dennoch waren die Messungen bei genügender Vorsicht, und wenn das Mittel aus mehreren an einem Chromatogramm vorgenommenen Ablesungen genommen wurde, hinreichend genau, um eine Vergleichung der Zonenbreiten zu ermöglichen. Dafs eine Vergleichung der Farbstoffmengen aus der Länge der Zonen überhaupt zulässig ist, geht daraus hervor, dafs gleiche Farbstoffquantitäten im gleichen Adsorbator bei gleicher Einwirkungsweise des Menstruums gleichlange Zonen einnehmen

müssen. Da nun für diese Versuche die Adsorbatoren die gleichen Höhen hatten, mithin ungefähr gleiche Zeit bis zum Verschwinden des Carotins verstrich, so waren alle Bedingungen erfüllt. Da ferner die gewonnenen Zahlenwerte nur relativ zu verstehen waren, so war auch eine direkte Vergleichung der Mafszahlen des in Lösung erhaltenen Carotins mit denen der andern im Adsorbator niedergeschlagenen Farbstoffe möglich. Es versteht sich von selbst, dafs nur die grünen Pigmente des einen Blattes mit denen eines anderen zu vergleichen waren, oder die gelben mit gelben eines anderen, nicht aber die grünen Farbstoffe eines Blattes mit den gelben desselben Blattes. — Die Säurederivate glaubte ich von der Vergleichung ausschliefsen zu müssen, weil sie bei der Berechnung der Mengenverhältnisse zu Grün zu zählen gewesen wären. Nun nehmen aber nach meinen Erfahrungen die Säurederivate einer bestimmten Menge Chlorophylline einen gröfseren Raum im Chromatogramm ein als die unzersetzten Chlorophylline. Da ich zu Messungen aber stets nur Chromatogramme verwandte, die wenig Säure-Derivate zeigten, so war der Fehler der durch Fortlassen derselben entstand, jedenfalls geringer, als wenn ich sie in toto zu Grün gerechnet hätte. Für eine Reduction der Breite von Säurederivat-Zonen auf die Breite der Chlorophyllinzonen fehlten mir die Berechnungen, die sich wohl auch kaum genau ausführen lassen, da schon geringe Unterschiede zum Beispiel in der Trockenheit oder der Festigkeit der Adsorbatorsäule bedeutende Schwankungen in den Zonenbreiten veranlassen. Die Verhältnisse, in denen die Farbstoffe in den Chromatogrammen auftraten, lassen sich am übersichtlichsten in Form einer Tabelle geben. Die Messungen wurden auf halbe Millimeter genau gemacht; in der Tabelle habe ich jedesmal die doppelte Länge angegeben (ebenso wie auf den Figuren), um nur mit ganzen Zahlen operieren zu müssen, und um in den Figuren die Wiedergabe der in der Natur sehr schmalen Zonen zu erleichtern.

Name		Grün gesund	Aureaform	Variegate Form
Pirus aucuparia	Summe aller farbigen Zonen	21	11	7
	„ „ grünen „	**10**	**3**	**2**
	„ „ X α „	10	6	4
	Carotin	**4**	**1**	**1**
Ptelea trifoliata	Summe aller farbigen Zonen	29	22	—
	„ „ grünen „	**14**	**7**	—
	„ „ X α „	15	14	—
	Carotin	**2**	**1**	—
Ligustrum vulgare	Summe aller farbigen Zonen	17	9	9
	„ „ grünen „	**9**	**2**	**3**
	„ „ X α „	7	4	4
	Carotin	**8**	**2**	**2**
Abutilon Erf. Gl.	Summe aller farbigen Zonen	32	—	17
	„ „ grünen „	**13**	—	**4**
	„ „ X α „	15	—	8
	Carotin	**6**	—	**1**

		Grün gesund	Halbergrünt	Goldgelb
Laburnum vulgare	Summe aller farbigen Zonen	28	24	15
	„ „ grünen „	**16**	**9**	**4**
	„ „ X α „	8	12	10
	Carotin	**12**	**5**	**2**

		Grün gesund	Randgelb	Centralgelb	Ganz gelb
Evonymus japonicus	Summe aller farbigen Zonen	22	13	14	14
	„ „ grünen „	**9**	**1**	**2**	**1**
	„ „ X α „	11	10	10	12
	Carotin	Viel	Spuren	Spuren	Spuren.

Aus dieser Tabelle geht hervor:

1. In allen gelben Teilen sind weniger Farbstoffe vorhanden als in grünen. Es findet also keine Ersatzbildung für irgend welche in geringerer Menge gebildeten grüne statt.

2. Die Farbstoffe nehmen in verschieden hohem Grade ab. Xanthophyll β bleibt in allen Teilen fast gleich. Die Summe der Chlorophylline nimmt stark ab. Die Xanthophylle der Gruppe α nehmen verhältnismäfsig wenig ab. Bei Laburnum und Eronymus scheint stellenweise eine Vermehrung des X α stattgefunden zu haben. Bei Ptelea blieben die Mengen dieselben. Doch kann dies auf kleinen, unkontrollierbaren Unregelmäfsigkeiten beruhen, die bei der Herstellung der Adsorbatoren mitunterliefen. Carotin nimmt in allen Fällen stark ab.
3. Es zeigt sich ein auffallender Parallelismus zwischen der Abnahme der Chlorophylline und des Carotins. Wenn bei Pirus die Chlorophyllinmengen im Verhältnis 10 : 3 : 2 stehen, so ist das Verhältnis des Carotins wie 4 : 1 : 1 oder wie 10 : 2,5 : 2,5, also nahezu dasselbe. Bei Ptelea ist das Verhältnis genau gleich, bei Ligustrum sehr annähernd. Ebenso findet bei Evonymus eine sehr starke Abnahme des Carotins statt, die nicht mehr genau messbar war, während die Chlorophylline auf beinahe $^1/_9$ der Menge grüner Blätter zurückgehen. Bei Abutilon ist die Abnahme des Carotins stärker, als man nach den vorstehenden Beispielen erwarten sollte. Für Laburnum stimmen die Verhältniszahlen für gesunde und goldgelbe Blätter annähernd, die halbergrünten fallen völlig aus der durch die beiden andern gegebenen Reihe heraus. Immerhin ist die Abweichung auch bei den beiden letztgenannten Arten nicht so grofs, dafs sie den Gedanken an eine Abhängigkeit des Carotingehaltes einer Pflanze von der vorhandenen Chlorophyllinmenge ausschliefsen könnte.

Auf einige Einzelheiten, die mir bei der Herstellung der Chromatogramme auffielen, möchte ich noch kurz hinweisen. Bei den Analysen aus grünen Blättern von Pirus und Ptelea (grün und gelb) waren die obersten Zonen nicht farblos geblieben, sondern grün gefärbt; aber von einem Ton, der durch kalkige Fahlheit stark von dem Grün der Chlorophylline abstach. Ich fand als Charakteristika dieses Körpers: Im CS_2-Strom nimmt er eine bestimmte Zone ein und wandert auch bei langem Filtrieren von CS_2 nicht weiter. In Benzol nimmt er eine etwas gröfsere

Zone ein als in CS_2 (was wohl daraus erklärt wird, dafs in den obersten von $X\beta$ und CX eingenommenen Schichten auch von diesem Körper sich Teilchen niedergeschlagen haben, die erst, nachdem durch das Benzol die anderen intensiveren Farbstoffe abwärts gehen, sichtbar werden), wandert aber nicht. Ebenso behält er in Petrol-Aether, Petrol-Aether-Alkohol und sogar absolutem Alkohol seinen Platz inne. Bei Behandlung mit 50 % Alkohol macht sich eine kleine Bewegung bemerkbar. Im H_2O-Strom wird die Zone langsam auseinandergezogen. Es bildet sich auch eine kleine weifse Zone am obersten Rande des Adsorbators, die nur äufserst langsam breiter wird. Bei längerer Einwirkung des H_2O Stromes nimmt allmählich der Körper den ganzen $CaCO_3$ Zylinder ein. Den Körper in gröfseren Mengen aus dem Adsorbator zu entfernen und in der Vorlage abzufangen, ist mir nicht gelungen. Es scheint mir indessen identisch zu sein mit dem Körper, der das alkoholische Wasser färbt, das bei der Überführung der Farbstoffe aus Alkohol in CS_2 zuletzt übrig bleibt. Wenigstens habe ich, wenn ich das Wasser der Adsorptionsanalyse unterzog, in dem Adsorbator die gleiche Färbung erhalten.

Ein weiterer Punkt, auf den ich eingehen mufs, ist das Spalten der Chromatogrammzonen bei langem Durchspülen mit CS_2 oder C_6H_6. Nach eben vollendeter Filtration der CS_2-lösung und kurzem Nachspülen hatten die Chromatogramme ungefähr das Aussehen des von Tswett (Fig. 11) abgebildeten. Da mir aber an einer vollständigen Entfernung alles Carotins und an möglichst weitgehender Differenzierung der Bänder lag, so setzte ich die Filtration des reinen Lösungsmittels fort und erhielt dadurch Chromatogramme, wie ich sie auf den beiliegenden Tafeln abgebildet habe. Besonders beim Auseinanderziehen der Chromatogramme mit C_6H_6 trat eine gröfsere Anzahl von Bändern auf, als im CS_2 Strom. Aufser $X\alpha'$, das sich stets in $X\alpha'$ und $X\alpha''$ teilte, spalteten häufig die grünen Zonen (Pirus grün und varieg. Ligustrum grün, Abutilon), oder es traten zwischen den grünen Zonen gelbe Bänder auf. (Evonymus u. s. w.) Da man nicht annehmen kann, dafs alle diese neugebildeten Zonen verschiedenen Farbstoffen angehören, so habe ich diejenigen, deren Entstehung aus einer vorher einheitlichen ich beobachtet hatte, auch ferner mit denselben Bezeichnungen benannt.

Überblickt man diesen zweiten Teil meiner Untersuchungen, so stellen sich eine Reihe nicht uninteressanter Tatsachen heraus. Nämlich erstens, dafs in panaschierten Blättern kein Farbstoff gänzlich fehlt und kein neuer hinzugekommen ist. Zweitens, dafs die Farbstoffe ungleich stark abnehmen je intensiver die Panaschierung wird. Drittens, dafs der hauptsächlich an der Färbung panaschierter Blattteile beteiligte Farbstoff nicht das Carotin ist, wie Kohl [1]) annimmt, sondern das Xanthophyll α (Tswett); und endlich dafs zwischen dem Anftreten von Chlorophyllinen und Carotin ein bestimmtes Verhältnis besteht. Vielleicht wird es später gelingen dies Verhältnis zahlenmäfsig zu bestimmen.

Vom Gesichtspunkt der Panaschierungsunterscheidung ist das Resultat auch dieses Teiles meiner Arbeiten negativ. Es treten in allen infectiös und nicht infectiös chlorotischen Blättern dieselben Farbstoffe in wechselnder Menge auf, und das Virus wirkt in genau derselben Weise hemmend auf die Farbstoffbildung wie das Agens, das das Fleckigwerden der Blätter der nicht infectiös chlorotischen Pflanzen veranlafst. Weitere Untersuchungen und vor allen Dingen praktische Versuche müssen lehren, ob die infectiösen Panaschierungen allein übertragbar sind, und ob nicht auch die bis heute als nicht infectiös chlorotisch geltenden Pflanzen unter Umständen zur Übertragung ihrer Krankheit auf gesunde Pflanzen gezwungen werden können.

[1]) Kohl. Untersuch. über d. Carotin. Leipzig 1902. Abschnitt 10.

Erklärung der Tafeln.

(Schematische Darstellung der Chromatogramme in doppelter Gröfse.)

I. Von Pirus aucuparia. a) von gesunden grünen Blättern aus CS_2lösung erhalten. b) Dasselbe nach Auseinanderziehen mit reinem C_6H_6. Die oberste Zone stellt den in absol. Alkoh. nicht abwandernden grünen Körper dar.

II. Von Pir. aucup. Dirkenii aurea.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

III. Von Pir. aucup. fol. luteo var.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

IV. Von Ptelea trifoliata mit gesunden grünen Bl.
a) in CS_2. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

V. Von Ptelea trifoliata aurea.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

VI. Von Ligustrum vulgare mit gesunden grünen Bl.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

VII. Von Ligustrum vulgare aureum.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

VIII. Von Ligustrum vulgare fol. aureo-variegatis.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

IX. Von Abutilon Erfurter Glocke mit gesunden grünen Bl.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

X. Von Abutilon Erfurter Glocke gelbe Blatteile.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XI. Von Laburnum vulgare mit gesunden grünen Bl.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XII. Von Laburnum vulgare chrysophyllum halbergrünt.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XIII. Von Laburnum vulgare chrysophyllum goldgelb.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XIV. Von Evonym. japon. mit gesunden grünen Bl.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XV. Von Evonym. japon. randgelb gelbe Teile.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XVI. Von Evonym. japon. centralgelb gelbe Teile.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

XVII. Von Evonym. japon. ganz vergilbt.
a) aus CS_2lösung. b) nach Durchspülung mit C_6H_6.

Lebenslauf.

Ich, Gottfried, Ernst, Richard Kränzlin, ev. Konfession, bin geboren am 6. IX. 1882 zu Gr. Lichterfelde bei Berlin als Sohn des Dr. F. Kränzlin, Professors am Grauen Kloster zu Berlin und seiner Gemahlin Helene geb. Buhlers. Ich besuchte das dortige Gymnasium bis Michaelis 1894, seitdem das Graue Kloster, wo ich Michaelis 1903 die Maturitätsprüfung bestand.

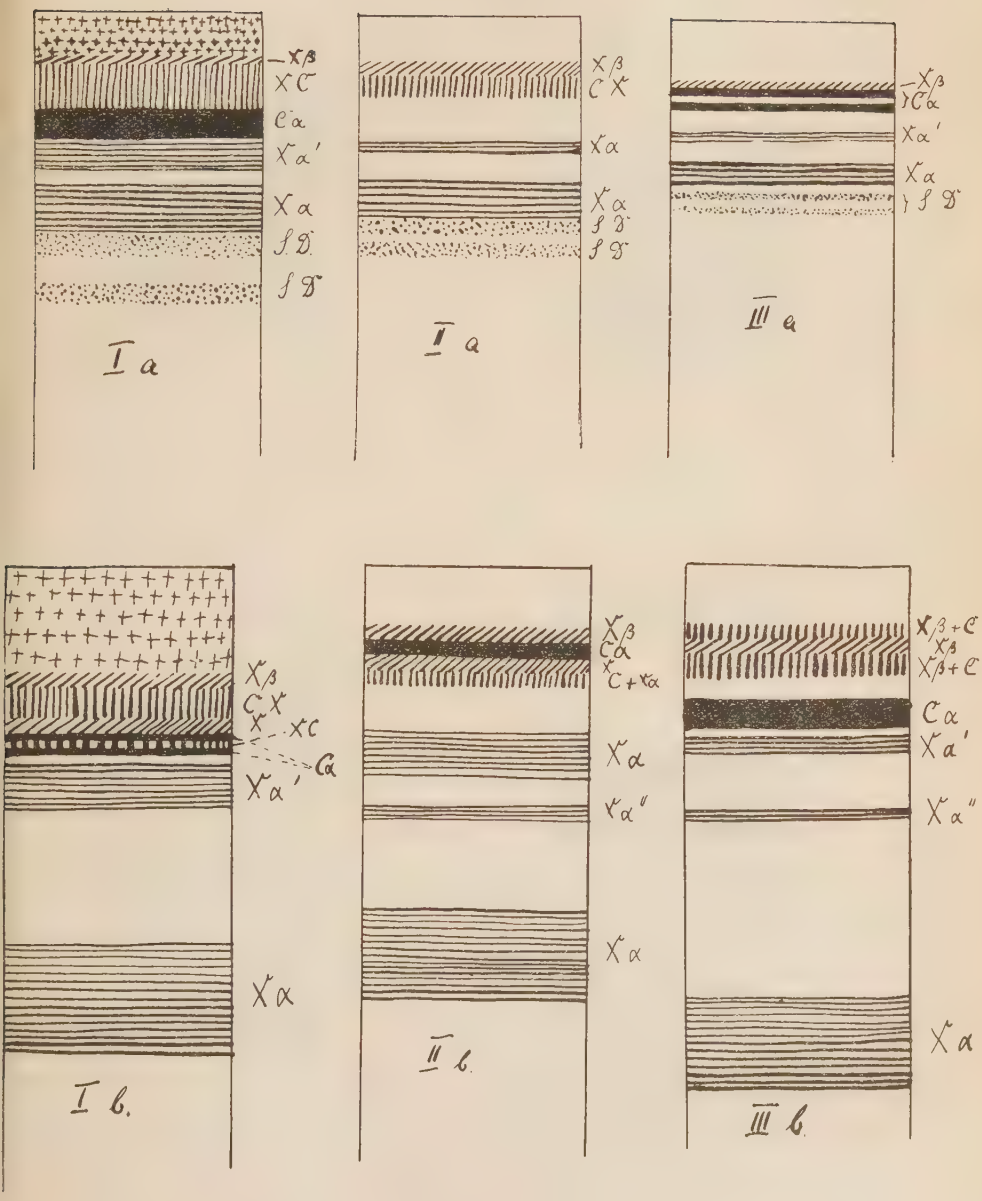
Nach Abgang vom Gymnasium genügte ich meiner Militärpflicht, indem ich als Einjährig-Freiwilliger beim III. Kurhessischen Jägerbataillon in Marburg diente. Die Übungen A und B leistete ich bei dem Inf. Rgt. No. 66 (Magdeburg) und Inf. Rgt. No. 165 (Goslar) ab.

Aus eigner Neigung, in der ich durch die Tätigkeit des Vaters bestärkt wurde, entschlofs ich mich Naturwissenschaften zu studieren. Mit Ausnahme des Sommersemesters 1906, während dessen ich in Graz studierte, und besonders Herrn Prof. Haberlandt's Unterricht genofs, habe ich immer in Berlin studiert.

Die vorliegende Arbeit wurde im Botanischen Institut der kgl. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin angefertigt. Ich bin meinem verehrten Lehrer, Herrn Geh. Reg. Rat Prof. Dr. Schwendener, für das rege Interesse, das er an dem Fortschreiten meiner Untersuchungen nahm, sowie für die vielfache Anregung, die ich von ihm erhielt, zu grofsem Dank verpflichtet. Herrn Dr. E. Baur, auf dessen Anraten ich den vorliegenden Gegenstand bearbeitete, möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank für die Unterstützung, die er meinen Untersuchungen durch Gewähren des Materiales und durch wissenschaftliche Directiven leistete, noch einmal aussprechen.

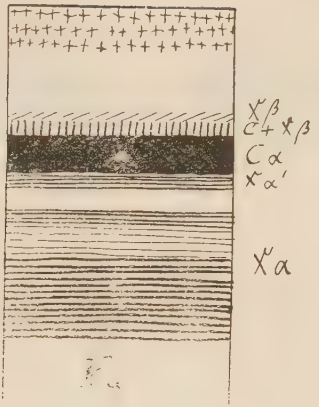
Berlin am 23. XI. 1907.

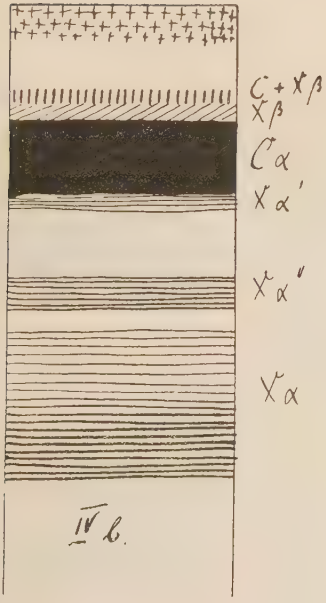
Tafel 1.



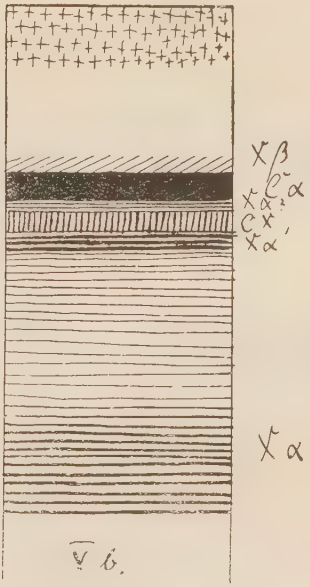
Tafel 2.

IV a



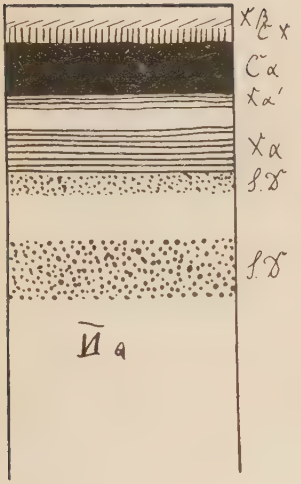


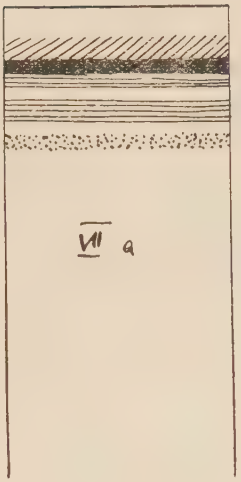
IV b.

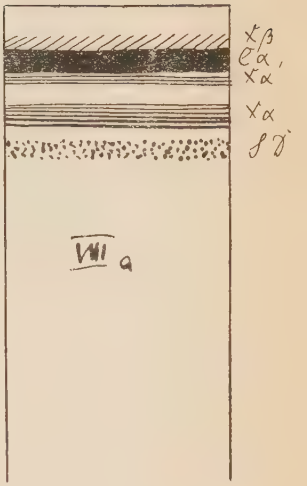


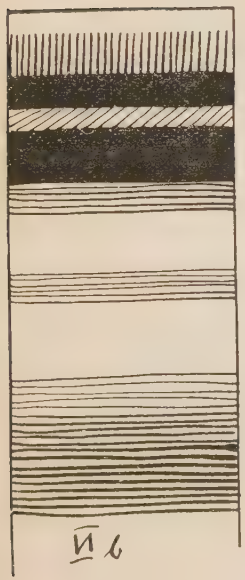
V b.

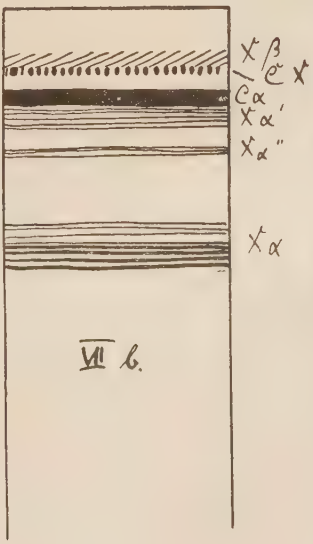
Tafel 3.

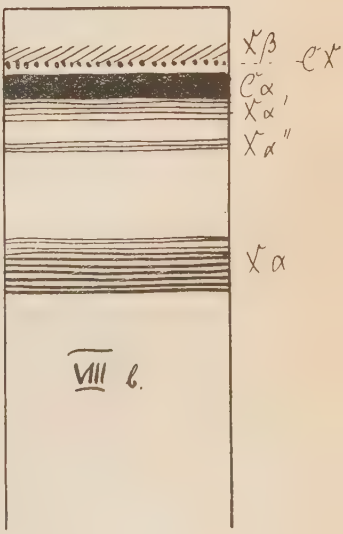




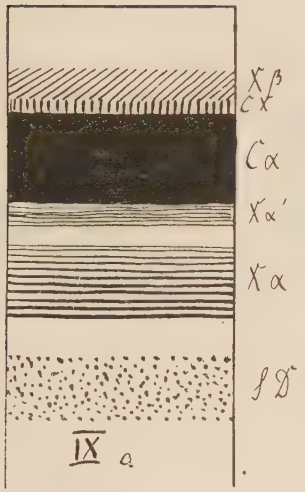


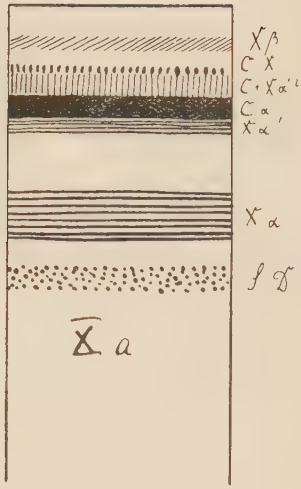


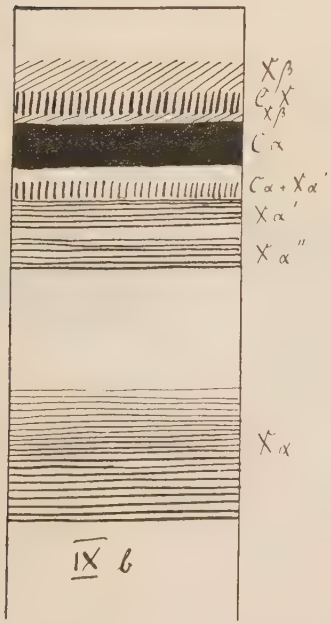


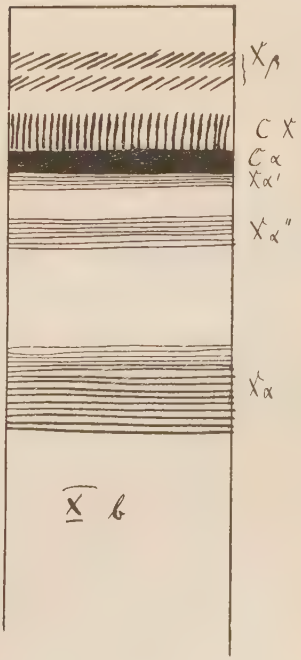


Tafel 4.

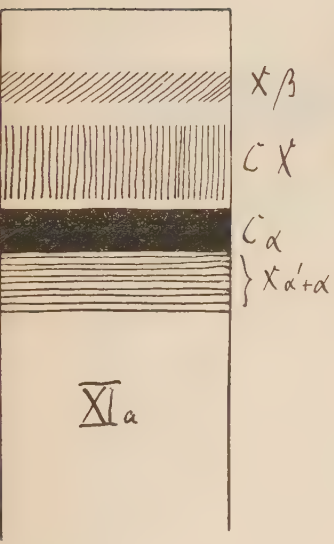


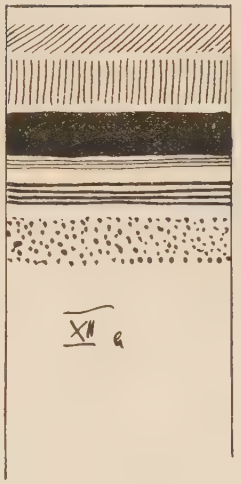


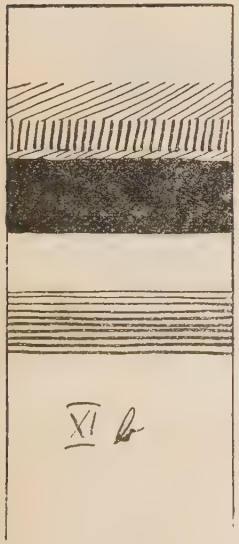




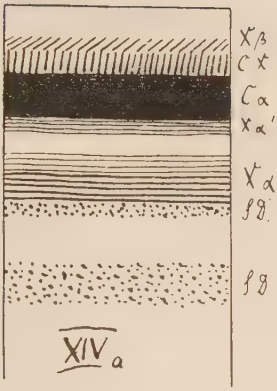
Tafel 5.

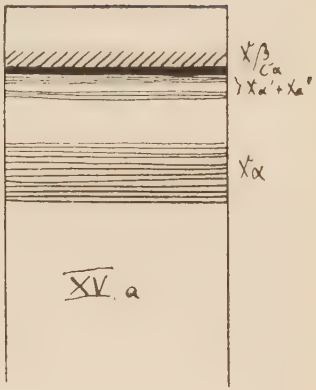


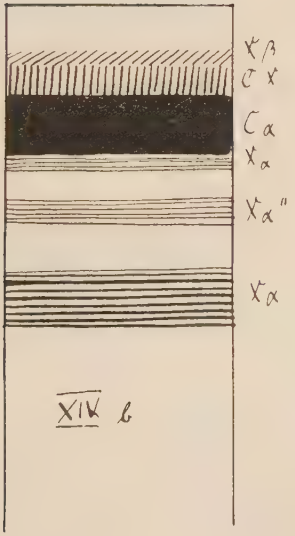


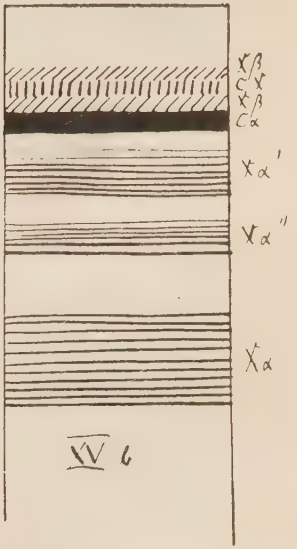


Tafel 6.

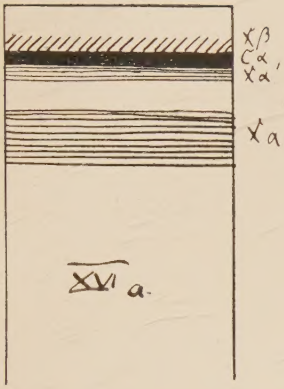


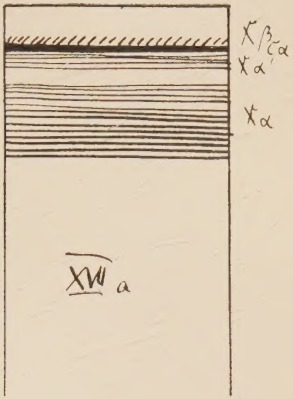


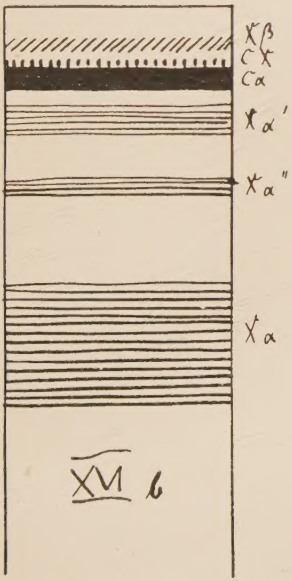


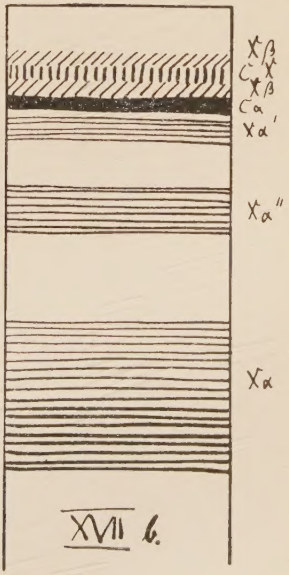


Tafel 6a.


Xβ
Cα
Xα'
Xα
XVI a.


Xβ
Cα
Xα'
Xα
XVI a


Xβ
CX
Cα
Xα'
Xα''
Xα
XVI b


Xβ
CX
Xβ
Cα
Xα'
Xα''
Xα
XVII b.